

**ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***Φυσικοχημική ποιότητα των νερών του ποταμού Αξιού***

ΑΖΑΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΝΙΚΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2020

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ποιότητα των επιφανειακών νερών καθορίζεται από φυσικές και χημικές παραμέτρους που παρουσιάζουν φυσιολογικές εποχιακές μεταβολές. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία μελετάται η διακύμανση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων σε δείγματα νερού από τον ποταμό Αξιό. Η παρακολούθηση των παραμέτρων που καθορίζουν τις ιδιότητες αυτές, έγινε σε διάστημα τριών μηνών, από το Μάρτιο μέχρι το Μάϊο 2019. Συγκεκριμένα προσδιορίσθηκαν οι παράμετροι: Διαλυμένο οξυγόνο (DO), βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), χλωροφύλλη α, διαλυτός οργανικός άνθρακας (DOC), ο συντελεστής απορρόφησης στο UV (254 nm), η θερμοκρασία, η θολερότητα, η αγωγιμότητα, η αλκαλικότητα, το pH, τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TSS) και ολικά διαλυμένα στερεά(TDS). Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν με την εφαρμογή μεθόδων απλής γραμμικής παλινδρόμησης με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος Microsoft excel 2016. Οι τιμές του BOD5 κυμάνθηκαν από 0.32 έως 2.42 mg O2/L, το διαλυμένο οξυγόνο κυμάνθηκε από 8.05 έως 11.59mg O2/L, ενώ οι τιμές της χλωροφύλλης α από 2.57 έως 13.54 mg/m3.Το εύρος των τιμών του διαλυμένου οργανικού άνθρακα (DOC) κυμάνθηκαν από 0.81 έως 2.77 mg C/L. Επιπλέον, οι μετρήσεις των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) βρέθηκαν να είναι από 0.01 έως 0.05 mg/L και των ολικών διαλυμένων στερεών (TDS) από 0.31 έως 6.19 mg/L, ενώ οι μετρήσεις του pH δεν παρουσίασαν μεγάλες μεταβολές μεταξύ τους. Τα αποτελέσματα έδειξαν αυξημένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα σε φυσιολογικές για την εποχή θερμοκρασίες και καλή ποιότητα των νερών του ποταμού Αξιού σύμφωνα με τα όρια της νομοθεσίας, όπως ορίζεται από την ΚΥΑ  67322/2017 ,ΦΕΚ-3282/B/19.9.2017.

ABSTRACT

The quality of the surface water is defined by physical and chemical parameters that appeared to have physical seasonal changes. The following bachelor’s thesis intends to study the fluctuation of the physical and chemical properties at samples from the Axios’ river water. The monitoring of the parameters that define these properties took place during three months, from March to May 2019. Specifically, the measured parameters were: Dissolved Oxygen (DO), Biological Oxygen Demand (BOD), Chlorophyll a, Dissolved Organic Carbon (DOC), the Extinction Coefficient at UV (254 nm), temperature, turbidity, electrical conductivity, alkalinity, pH, Total Suspended Solids (TSS) and Total Dissolved Solids (TDS). The results were analyzed with the application of methods of simple linear regression, with the use of the statistic program Microsoft excel 2016. BOD5 values ranged between 0.32 to 2.42 mg O2/L, Dissolved Oxygen from 8.05 to 11.59 mg O2/L, and Chlorophyll a values ranged from 2.57 to 13.54 mg/m3. The range of the amount of Dissolved Organic Carbon was 0.81 to 2.77 mg C/L. Furthermore, the measurements of the Total Suspended Solids appeared to be from 0.01 to 0.05 mg/L and Total dissolved solids from 0.31 to 6.19 mg/L. The measurements of pH had not shown great variation. The results showed increased photosynthetic activity at normal temperatures for the season and good water quality of the river Axios according to the limits of the legislation, as defined by the low and the European Union directives.

Περιεχόμενα

[1. Εισαγωγή 7](#_Toc51158884)

[1.1. ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ 9](#_Toc51158889)

[1.2. ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ 10](#_Toc51158890)

[1.3. Ιαματικές πηγές 12](#_Toc51158891)

[1.4. Κύκλος του νερού 13](#_Toc51158892)

[1.5. Χαρακτηριστικά των ποταμών 14](#_Toc51158893)

[1.5.1. Αξιός 14](#_Toc51158894)

[1.5.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ 15](#_Toc51158895)

[1.5.3. ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ 15](#_Toc51158896)

[1.5.4. Εκτροπή κοίτης Αξιού ποταμού 16](#_Toc51158897)

[1.6. Δειγματοληψία ποταμών 17](#_Toc51158898)

[2. ΡΥΠΑΝΣΗ – ΜΟΛΥΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ 17](#_Toc51158899)

[2.1. ΡΥΠΑΝΣΗ 17](#_Toc51158900)

[2.2. Πηγές ρύπανσης νερού 18](#_Toc51158904)

[2.3. ΜΟΛΥΝΣΗ 20](#_Toc51158905)

[3. Νομοθεσία 21](#_Toc51158906)

[3.1. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ 25](#_Toc51158907)

[3.2. ΟΡΙΑ ΚΥΡΙΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΝΕΡΟΥ 27](#_Toc51158909)

[3.3. ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ 28](#_Toc51158910)

[4. Δομή 28](#_Toc51158911)

[4.1. Κατηγορίες νερών – παράμετροι ελέγχου 29](#_Toc51158912)

[4.2. Ιδιότητες 31](#_Toc51158913)

[5. Σκοπός της Εργασίας 37](#_Toc51158914)

[6. Μεθοδολογία 38](#_Toc51158915)

[6.1. Δειγματοληψίες πεδίου 38](#_Toc51158916)

[6.2. Θερμοκρασία 38](#_Toc51158924)

[6.3. Διαλυμένο οξυγόνο 38](#_Toc51158925)

[6.4. Βιοχημικά Απαιτούμενο ΟξυγόνοBOD₅ 41](#_Toc51158928)

[6.5. Στερεά 41](#_Toc51158929)

[6.5.1. Ολικά στερεά 41](#_Toc51158930)

[6.5.2. Ολικά διαλυμένα στερεά 42](#_Toc51158931)

[6.5.3. Καθιζάνοντα στερεά 42](#_Toc51158932)

[6.5.4. Αιωρούμενα στερεά 43](#_Toc51158933)

[6.6. pH 44](#_Toc51158937)

[6.7. Ειδική απορρόφηση στο υπεριώδες SUVA 254nm 45](#_Toc51158938)

[6.8. Χλωροφύλλη 46](#_Toc51158940)

[6.9. Θολερότητα 49](#_Toc51158963)

[6.10. Αλκαλικότητα νερού 50](#_Toc51158964)

[6.11. Αγωγιμότητα 53](#_Toc51158965)

[7. Αποτελέσματα – Συζήτηση 54](#_Toc51158966)

[7.1. Θερμοκρασία 54](#_Toc51158967)

[7.2. pH 55](#_Toc51158968)

[7.3. Διαλυμένο οξυγόνο 56](#_Toc51158969)

[7.4. Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο 57](#_Toc51158970)

[7.5. Χλωροφύλλη 58](#_Toc51158971)

[7.6. Διαλυτός οργανικός άνθρακας 59](#_Toc51158972)

[7.7. Ειδική απορρόφηση στο υπεριώδες SUVA254 60](#_Toc51158973)

[7.8. Ολικά αιωρούμενα στερεά 62](#_Toc51158974)

[7.9. Ολικά διαλυμένα στερεά 63](#_Toc51158975)

[7.10. Θολερότητα 64](#_Toc51158976)

[7.11. Αγωγιμότητα 65](#_Toc51158977)

[7.12. Αλκαλικότητα 66](#_Toc51158978)

[8. Συνδυασμός παραμέτρων 68](#_Toc51158979)

[8.1. Χλωροφύλλη / Διαλυμένο οξυγόνο 68](#_Toc51158980)

[8.2. Ολικά αιωρούμενα στερεά (TDS) / θολερότητα 69](#_Toc51158990)

[8.3. Διαλυμένο οξυγόνο / θερμοκρασία 69](#_Toc51158991)

[8.4. DOC / SUVA254 70](#_Toc51158992)

[8.5. Χλωροφύλλη α / θερμοκρασία 71](#_Toc51159005)

[8.6. BOD5 / Χλωροφύλλη 72](#_Toc51159006)

[9. Συμπεράσματα 72](#_Toc51159007)

[10. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα 73](#_Toc51159008)

[11. Βιβλιογραφία 74](#_Toc51159009)

[11.1. Ελληνική βιβλιογραφία 74](#_Toc51159010)

[11.2. Ξένη βιβλιογραφία 74](#_Toc51159023)

[11.3. Διαδίκτυο 77](#_Toc51159024)

# Εισαγωγή

Οι ποταμοί αποτελούν μία από τις κυριότερες πηγές τροφοδοσίας νερού για οικιακή, βιομηχανική και αρδευτική χρήση (Wu et al., 2018).

Το νερό αποτελεί την πλέον διαδεδομένη ανόργανη χημική ένωση στην επιφάνεια της Γης, καθώς καλύπτει το 70,9% του πλανήτη (Weingärtner et al, 2016). Στη φύση της γης, το νερό υπάρχει στην αέρια κατάσταση (υδρατμός), στην υγρή κατάσταση (νερό) και στη στερεή κατάσταση (πάγος) (Reece et al., 2013).Το 97,2% του νερού αυτού βρίσκεται στους ωκεανούς, είναι δηλαδή αλμυρό. Μόλις το 2% υπάρχει στους πόλους και στους παγετώνες, είναι δηλαδή πάγος και χιόνι, ενώ ακόμα πιο μικρό ποσοστό το 0,6% βρίσκεται στις λίμνες, στα ποτάμια και στα υπόγεια ύδατα γλυκού νερού. Ακόμα, θεωρείται ότι το μόριο του νερού, είναι το τρίτο σε αφθονία μόριο γενικά στο σύμπαν.

Εκατοντάδες είναι οι χημικές ενώσεις που είναι παρούσες στο νερό, με το ποσοστό τους να μειώνεται στο νερό που προέρχεται από φυσικές πηγές. Αν και μέρος αυτών των ενώσεων είναι φυσικής προέλευσης, παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία, από αλειφατικές μικρού μοριακού βάρους, έως υψηλού μοριακού βάρους αρωματικές ενώσεις, ενώ μπορεί να προέρχονται και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως οι φαρμακευτικές ενώσεις και τα παρασιτοκτόνα, ως αποτέλεσμα ρύπανσης του περιβάλλοντος (Ribeiro et al., 2017).

**Θαλάσσιο νερό**

Το [θαλάσσιο νερό](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B1%CE%BB%CE%AC%CF%83%CF%83%CE%B9%CE%BF_%CE%BD%CE%B5%CF%81%CF%8C) περιέχει κατά [μέσο όρο](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%AD%CF%83%CE%BF%CF%82_%CF%8C%CF%81%CE%BF%CF%82) 3,5% [χλωριούχο νάτριο](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A7%CE%BB%CF%89%CF%81%CE%B9%CE%BF%CF%8D%CF%87%CE%BF_%CE%BD%CE%AC%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BF) συν μικρότερα ποσοστά άλλων [διαλυμένων](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%AC%CE%BB%CF%85%CE%BC%CE%B1) ουσιών. Οι φυσικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού διαφέρουν (λίγο) από τις ιδιότητες του «γλυκού» νερού, με κάποιες αξιοσημείωτες επιπτώσεις. Για παράδειγμα, [παγώνει](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%AE%CE%BE%CE%B7) σε χαμηλότερη θερμοκρασία (περίπου στους -1,9 °C) και η [πυκνότητά](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CF%85%CE%BA%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1) του αυξάνεται με τη μείωση της [θερμοκρασίας](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1) ως το [σημείο τήξης](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%B7%CE%BC%CE%B5%CE%AF%CE%BF_%CF%84%CE%AE%CE%BE%CE%B7%CF%82) του, αντί να φθάνει στη μέγιστη πυκνότητά του γύρω στους 4 °C. Η [αλμυρότητα](https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=%CE%91%CE%BB%CE%BC%CF%85%CF%81%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1&action=edit&redlink=1) του θαλάσσιου νερού παρουσιάζει αξιόλογες διαφοροποιήσεις, από περίπου 0,7%, στη [Βαλτική Θάλασσα](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B1%CE%BB%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE_%CE%98%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%83%CE%B1), ως περίπου 4,0%, στην [Ερυθρά Θάλασσα](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CF%81%CF%85%CE%B8%CF%81%CE%AC_%CE%98%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%83%CE%B1). (Sylte, GudrunUrd, 2010)

### **Ελαφρύ ύδωρ**

Ο όρος «ελαφρύ ύδωρ» (Lightwater ή DDW, Deuterium-Depleted Water) αναφέρεται σε νερό που περιέχει δευτέριο σε πιο μικρή συγκέντρωση από εκείνη που θεωρείται ως πρότυπη, δηλαδή μικρότερη από 155 ppm. Έρευνες δείχνουν πως είναι ωφέλιμο βελτιώνοντας τους δείκτες επιβιωσιμότητας σε ποντίκια με καρκίνο (Bild et al, 1999) και σε ανθρώπους που υφίστανται χημειοθεραπεία.(Krempels et al,2008)

**Βαρύ ύδωρ**

Ο όρος «βαρύ ύδωρ» (Heavywater) αναφέρεται σε νερό που περιέχει δευτέριο σε μεγαλύτερη συγκέντρωση από εκείνη που θεωρείται ως πρότυπη, δηλαδή μεγαλύτερη από 155 ppm, δηλαδή ως και 100%. Η χημική του συμπεριφορά είναι πανομοιότυπη με του κοινού νερού. Επειδή όμως το δευτέριο έχει διπλάσια ατομική μάζα από το πρώτιο δημιουργούνται αξιοπρόσεκτες διαφορές στις δεσμικές ενέργειες. Επειδή τα μόρια του νερού ανταλλάσσουν τα ισότοπα που περιέχουν, το οξείδιο υδρογόνου-δευτερίου (DOH) βρίσκεται συνήθως σε μεγαλύτερη συγκέντρωση από το οξείδιο του διδευτερίου (D2O). Οι άνθρωποι είναι αδύνατον να αντιληφθούν τη διαφορά με την αίσθηση της γεύσης(Urey et al, 1935), αλλά μερικές φορές αναφέρουν ένα καυστικό αίσθημα ή γλυκό άρωμα ([Mueller, GroverC,](https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=Grover_Mueller&action=edit&redlink=1)1937). Τα ποντίκια ωστόσο είναι ικανά να αποφύγουν το βαρύ ύδωρ με την αίσθηση της οσμής. Είναι τοξικό για αρκετά ζώα. Χρησιμοποιείται ως επιβραδυντικό σε πυρηνικούς αντιδραστήρες , αν και είναι γνωστοί και οι αποκαλούμενοι «πυρηνικοί αντιδραστήρες ελαφρού ύδατος», που όμως εννοούν το κοινό νερό και όχι το παραπάνω περιγραφόμενο «ελαφρύ».

Το βαρύ ύδωρ παρασκευάζεται με εξαντλητική ηλεκτρόλυση υδατικών διαλυμάτων αλκαλίων, γιατί ηλεκτρολύεται κατά προτίμηση το κοινό νερό και συνεπώς, τα υπολείμματα της ηλεκτρόλυσης του νερού εμπλουτίζονται σταδιακά σε βαρύ νερό.

Ο όρος «καθαρό βαρύ ύδωρ» αναφέρεται σε 100% D2O.(Urey et al., 1935)

### **Υπερβαρύ ύδωρ**

### Ο όρος «υπερβαρύ ύδωρ» αναφέρεται σε νερό που περιέχει τρίτιο σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από την θεωρούμενη ως πρότυπη, δηλαδή μεγαλύτερη από 20 μέρη ανά πεντάκις εκατομμύριο.

### Ο όρος «καθαρό υπερβαρύ ύδωρ» αναφέρεται σε 100% T2O.

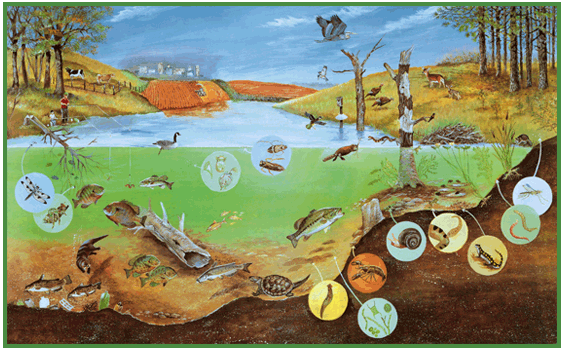
## ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Στην ατμόσφαιρα, το νερό συμβάλλει στην αναπνοή των οργανισμών, καθώς επίσης και στη δημιουργία του φυσικού «φαινομένου του θερμοκηπίου», μέσω της απορρόφησης της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Το φαινόμενο αυτό βοηθά στη διατήρηση της ζωής σε σχετικά σταθερές μέσες θερμοκρασίες, περίπου 14,5°C, ενώ διαφορετικά η θερμοκρασία πάνω στον πλανήτη θα κυμαινόταν στους -18°C.



**Εικόνα 1:** Φαινόμενο θερμοκηπίου – παγίδευση ακτινοβολίας.

Ο ρόλος του νερού στη ζωή είναι καταλυτικός. Αποτελεί βασικό συστατικό όλων των οργανισμών τόσο των φυτικών, όσο και των ζωικών. Το διαθέσιμο νερό σε κάθε οικοσύστημα καθορίζει σε συνδυασμό με ορισμένους άλλους παράγοντες όπως η θερμοκρασία, τα θρεπτικά συστατικά κλπ. τα είδη των οργανισμών που θα αναπτυχθούν σε κάθε περιοχή. Πέρα όμως από την αξία του νερού για όλα τα οικοσυστήματα γενικά, υπάρχουν ορισμένα οικοσυστήματα στα οποία η ποσότητα, αλλά και η ποιότητα του νερού αποτελεί ακόμα σημαντικότερο παράγοντα, όπως είναι για παράδειγμα οι υγρότοποι. Η περιβαλλοντική, πολιτιστική και οικονομική αξία των υγροτόπων αναγνωρίζεται διεθνώς. Οι υγρότοποι φιλοξενούν ένα πλήθος ζωικών και φυτικών οργανισμών, περιορίζουν τα φαινόμενα πλημμύρας και συμβάλλουν στην προστασία του υδροφόρου ορίζοντα από την εισβολή υφάλμυρου νερού ή τη ρύπανση. Η εξάντληση του γλυκού νερού λόγω φυσικών φαινομένων, αλλά κυρίως λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας, έχει άμεση επίπτωση στους ζωντανούς οργανισμούς που στηρίζονται σε αυτό για την τροφή, την επιβίωση και την αναπαραγωγή τους. Επίσης, τα μεγάλα τεχνικά έργα για εξασφάλιση νερού για ύδρευση (φράγματα, εκτροπές, διευθετήσεις ποταμών) καταστρέφουν φυσικά οικοσυστήματα με δραματικές, συχνά, επιπτώσεις στους πληθυσμούς, που μένουν εκεί.(Ebbing, Darrell D et al, 2010)



**Εικόνα 2:** Εικονογραφημένη αναπαράσταση υδροβιότοπου οικοσυστήματος.

## ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Ως κομμάτι της φύσης, και ο άνθρωπος είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με το νερό. Ένας ανθρώπινος οργανισμός ζει χωρίς τροφή 60 με 70 ημέρες ενώ δεν μπορεί να αντέξει περισσότερες από 3 με 5 μέρες χωρίς νερό. Ο χρόνος ζωής του εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι η γεωγραφική θέση, η εποχή, οι μετεωρολογικές συνθήκες, η αντίσταση του οργανισμού κ.ά. Το ποσοστό του νερού στο ανθρώπινο σώμα είναι περίπου 70%. Συγκεκριμένα, το 76% του αίματος και των μυών, το 72% του δέρματος, το 75% του εγκεφάλου και το 22% των οστών είναι νερό. Η καρδιά, οι πνεύμονες, το συκώτι, ο εγκέφαλος, η πέψη της τροφής και όλες οι ζωτικές λειτουργίες, χρειάζονται νερό. Το νερό συνιστά βασικό συστατικό του αίματος και επιτελεί πολύ σημαντικές λειτουργίες απομακρύνοντας τις τοξικές και άχρηστες ουσίες από το ανθρώπινο σώμα. Επιπρόσθετα, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη λειτουργία των νεφρών, τα οποία και αποτελούν τους «καθαριστές» του ανθρώπινου οργανισμού από άχρηστες ουσίες. ([European Food Safety Authority (EFSA)](http://www.efsa.europa.eu/en/search/doc/2075.pdf))

Ωστόσο, παρά την τόσο μεγάλη σημασία του, εκατομμύρια άνθρωποι στον κόσμο, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες της Αφρικής, δεν έχουν πρόσβαση σε αρκετό και ασφαλές νερό για να καλύψουν τις βασικές τους ανάγκες. Η πρόσβαση σε καθαρό πόσιμο νερό συνιστά αναφαίρετο δικαίωμα κάθε ανθρώπινου όντος και έναν από τους βασικούς κανόνες υγιεινής. Από τη δεκαετία του 1980 η Ευρωπαϊκή Ένωση εφαρμόζει κανόνες που απαιτούν αυστηρούς ελέγχους ασφάλειας για το νερό, ενώ η Ευρωπαϊκή Επιτροπή το 2013 κάλεσε όλα τα κράτη μέλη να κάνουν ό,τι μπορούν για να εξασφαλίσουν την πρόσβαση όλων σε ένα ελάχιστο επίπεδο ύδρευσης. Αντιθέτως, σε χώρες χαμηλού εισοδήματος η πρόσβαση στο καθαρό υδάτινο στοιχείο συνιστά επίπονη διαδικασία, καθώς σύμφωνα με στοιχεία ερευνών του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO) και της UNICEF (2017), τα θηλυκά μέλη της οικογένειας είναι επιφορτισμένα να φέρουν νερό στο σπίτι, σε 8 από τα 10 νοικοκυριά. Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι είναι απαραίτητο να επιτευχθεί καθολική και ισότιμη πρόσβαση σε ασφαλές και οικονομικά προσιτό πόσιμο νερό για όλους τους πολίτες της οικουμένης. ([European Hydration Institute (EHI)](https://web.archive.org/web/20130404025350/http:/www.europeanhydrationinstitute.org/nutrition_and_beverages.html))



**Εικόνα 3:** Η κατάσταση που επικρατεί ακόμα και σήμερα σε περιοχές της Αφρικής.

Σύμφωνα με  πρόσφατη έκθεση  της UNESCO:

* Οι άνθρωποι στις αναπτυγμένες χώρες καταναλώνουν καθημερινά κατά μέσον όρο περίπου 10 φορές περισσότερο νερό από εκείνους στις αναπτυσσόμενες χώρες. Υπολογίζεται ότι ο μέσος καταναλωτής των αναπτυγμένων χωρών χρησιμοποιεί άμεσα ή έμμεσα 500-800 λίτρα ανά ημέρα (300μ3 ετησίως), έναντι των 60-150 λίτρων ανά ημέρα (20μ3 ετησίως) των αναπτυσσόμενων χωρών.
* Στις μεγάλες πόλεις με κεντρικό σύστημα παροχής νερού και αποδοτικό σύστημα διοχέτευσης, η οικιακή κατανάλωση δεν ξεπερνά συνήθως το 5-10% της συνολικής κατανάλωσης νερού.
* Η κατανάλωση νερού στις μεγάλες πόλεις υπολογίζεται σε 300-600 λίτρα ανά άτομο ανά ημέρα, ενώ στις μικρές πόλεις σε 100-150 λίτρα.
* Στις αναπτυσσόμενες χώρες στην Ασία, την Αφρική και τη Λατινική Αμερική, η δημόσια κατανάλωση νερού αντιπροσωπεύει 50-100 λίτρα ανά άτομο ανά ημέρα. Σε περιοχές με ανεπαρκείς υδάτινους πόρους, αυτός ο αριθμός μπορεί να μην ξεπερνάει τα 10-40 λίτρα ανά ημέρα.

Τα πάντα γύρω μας είναι εξαρτώμενα από το νερό. Ό,τι και να κοιτάξουμε στο ευρύ περιβάλλον χρειάζεται νερό για να παραχθεί. Για παράδειγμα το μολύβι γίνεται από ξύλο και το ξύλο από δέντρο το οποίο για να μεγαλώσει χρειάζεται νερό. Το ίδιο και το χαρτί, το οποίο απαιτεί αρκετές ποσότητες νερού για να παραχθεί. Τα τρόφιμα επίσης χρειάζονται νερό. Ειδικά τα ζωικά προϊόντα έχουν ανάγκη από μεγάλες ποσότητες νερού για να παρασκευαστούν. Το νερό το οποίο δαπανάται για να παρασκευαστούν τα υλικά αγαθά και τα τρόφιμα ονομάζεται «εικονικό νερό» ή αλλιώς «κρυφό νερό». Γίνεται κατανοητό, ότι όση περισσότερη επεξεργασία χρειάζεται για να παρασκευαστεί ένα αγαθό, τόσο περισσότερο νερό δαπανάται.



**Εικόνα 4:** Αρδευτικά συστήματα για την κάλυψη αναγκών νερού γεωργικών εκτάσεων.

## Ιαματικές πηγές

Το νερό της βροχής ορισμένες φορές διεισδύει μέσα στο έδαφος και γίνεται θερμότερο, γι' αυτόν το λόγο διαλύει περισσότερες στερεές ουσίες με τις οποίες έρχεται σε επαφή. Το νερό αυτό βγαίνει στην επιφάνεια του εδάφους και σχηματίζει πηγές που λέγονται "θερμές πηγές" ή "μεταλλικές" ή "ιαματικές". Ανάλογα με τις ουσίες που είναι διαλυμένες στο νερό, οι θερμές πηγές διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες, όπως σε "οξυανθρακικές" ( σε μέρη όπως η [Νιγρίτα](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B9%CE%B3%CF%81%CE%AF%CF%84%CE%B1) ή η [Σουρωτή](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%BF%CF%85%CF%81%CF%89%CF%84%CE%AE)), που περιέχουν διοξείδιο του άνθρακα, "θειούχες" ([Λαγκαδάς](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9B%CE%B1%CE%B3%CE%BA%CE%B1%CE%B4%CE%AC%CF%82), [Σέδες](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%AD%CE%B4%CE%B5%CF%82" \o "Σέδες), [Σιδηρόκαστρο](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%B9%CE%B4%CE%B7%CF%81%CF%8C%CE%BA%CE%B1%CF%83%CF%84%CF%81%CE%BF_%CE%A3%CE%B5%CF%81%CF%81%CF%8E%CE%BD)), που περιέχουν υδρόθειο και άλλα θειούχα άλατα, "αλκαλικές" (Λουτράκι, Αιδηψός), που περιέχουν όξινο ανθρακικό νάτριο ή λίθιο, "πικρές", που περιέχουν θειϊκό μαγνήσιο, θειϊκό νάτριο, "σιδηρούχες" και τέλος "ραδιενεργές", λόγω των ραδιενεργών αερίων που περιέχουν. Οι [Ιαματικές πηγές](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%99%CE%B1%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82_%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82) εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στην πόλη [Σπα](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CF%80%CE%B1) του Βελγίου.

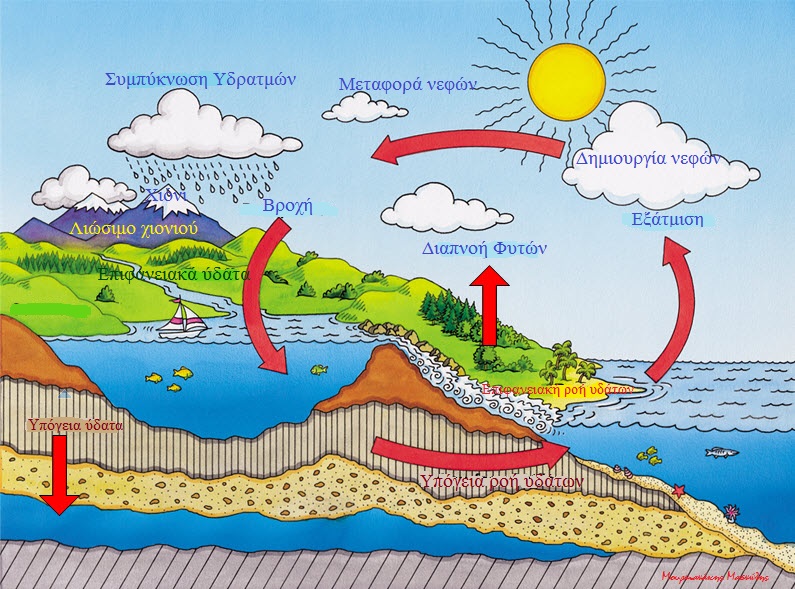
Ολοκληρώνοντας, αξίζει να αναφερθεί ότι το νερό είναι άμεσα συνδεδεμένο με την ευημερία ενός τόπου και ενός λαού, η οποία εξαρτάται άμεσα από το νερό το οποίο έχει στη διάθεσή του. Την σπουδαιότητα και χρησιμότητά του την αντιλαμβανόμαστε και από τους λαούς που άκμασαν κοντά σε ποταμούς. Από πολύ παλιά αναγνωρίσθηκε η σημασία του για την ανθρώπινη υγεία και την καθαριότητα του σώματος. Πολύ σημαντική θέση, ειδικά στην αρχαιότητα, είχαν τα λουτρά και τα χαμάμ, τα οποία λειτουργούσαν με επιμέλεια και ήταν μέρος της καθημερινότητας πολλών λαών. Σε πολλές περιοχές μάλιστα οι πηγές των λουτρών ανέβλυζαν ιαματικό νερό, το οποίο χρησιμοποιούταν ως κύρια μέθοδος θεραπείας πολλών ασθενειών. Εξέχουσες μορφές της αρχαιότητας όπως ο Αριστοφάνης, ο Ιπποκράτης και ο Πλάτωνας μίλησαν με ιδιαίτερο ζήλο για τις θεραπευτικές τους ιδιότητες και συμβούλευαν τους ανθρώπους να τα επισκέπτονται για να θεραπευτούν.



**Εικόνα 5:** Αρχαία ψηφιδωτά λουτρά στο μουσείο της Ακρόπολης.

## Κύκλος του νερού

Ο ήλιος θερμαίνει την γη και μαζί με αυτήν τα νερά που βρίσκονται επάνω σε αυτήν. Τα νερά της θάλασσας, της λίμνης και του ποταμού θερμαίνονται και εξατμίζονται, γίνονται δηλαδή υδρατμοί. Οι υδρατμοί μεταφερόμενοι στα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας, ψύχονται και δημιουργούν τα σύννεφα. Λόγω του βάρους που αποκτούν, οι υδρατμοί πέφτουν πάλι στη γη ως βροχή, χιόνι ή χαλάζι. Η φυσική αυτή διαδικασία ονομάζεται κύκλος του νερού. Είναι μια φυσική διαδικασία η οποία πραγματοποιείται εδώ και εκατομμύρια χρόνια και η οποία στηρίζει την διατήρηση των οργανισμών επάνω στη γη. Είναι αλήθεια ότι το νερό βρίσκεται σε έναν συνεχή και ασταμάτητο κύκλο εδώ και εκατομμύρια χρόνια.(Ebbing, Darrell D.et al, 2010)



**Εικόνα 6:** Εικονογραφημένη αναπαράσταση του κύκλου του νερού.

## Χαρακτηριστικά των ποταμών

Το ποτάμι είναι ένα ανοιχτό σύστημα με ισχυρές αλληλεπιδράσεις με τη λεκάνη απορροής του. Η ποιότητα των επιφανειακών νερών επηρεάζεται τόσο από φυσικές διεργασίες (καιρικές συνθήκες, κατακρήμνιση, διάβρωση του εδάφους) όσο και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες (γεωργία, αστική και βιομηχανική δραστηριότητα) (Wu et al., 2018).

### Αξιός

Ο Αξιός ή Ποταμός είναι ο μεγαλύτερος ποταμός που διασχίζει τη Μακεδονία και ο δεύτερος μεγαλύτερος των Βαλκανίων (μετά τον Έβρο), με μήκος 380 km, από τα οποία μόνο τα 76 είναι σε ελληνικό έδαφος. Το πλάτος του κυμαίνεται από 50 - 600 m και το βάθος του φτάνει τα 4 m. Πηγάζει από το όρος Σκάρδος (Σάρ), στα σύνορα Αλβανίας-Κοσσυφοπεδίου, διασχίζει την κοιλάδα των Σκοπίων, μπαίνει στο ελληνικό έδαφος, διασχίζει τη Μακεδονία και χύνεται στο Θερμαϊκό Κόλπο.

Ονομασία

Στους αρχαίους χρόνους ονομαζόταν Άξιος ή Αξειός και Ναξειός. Η λέξη Αξιός έχει μακεδονική ρίζα από το αξός που σημαίνει δάσος ή ύλη και πραγματικά οι όχθες του Αξιού είναι δασώδεις.

Το όνομα Βαρδάρης είναι μεσαιωνικό και εμφανίζεται κατά το 10ο αιώνα. Προέρχεται από τη τουρανική φυλή των Ούγγρων Τούρκων, που μετά από επιδρομές, κατά τον 7ο αιώνα, συνθηκολόγησε με τον αυτοκράτορα του Βυζαντίου (Ανατολικής Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας) και έτσι εγκαταστάθηκε στην κοιλάδα του Αξιού καλλιεργώντας εδάφη που της παραχωρήθηκαν. Οι πληθυσμοί αυτοί, αργότερα έδωσαν το όνομα «Βαρδάρης» στον ποταμό Αξιό και οι ίδιοι ονομάστηκαν αργότερα Βαρδαριώτες. Αφομοιώθηκαν γρήγορα από τους ντόπιους Ελληνικούς πληθυσμούς και εξαφανίστηκαν από την ιστορία. Το όνομα Βαρδάρης για τον Αξιό όμως, έμεινε ως και σήμερα. (https://el.wikipedia.org/wiki/Αξιός)

### ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Ο Αξιός, εκτός από το κύριο μέρος του που πηγάζει από τον Σκάρδο στα σύνορα Βόρειας Μακεδονίας - Σερβίας, στο Κοσσυφοπέδιο περιλαμβάνει και ένα πλήθος παραποτάμων. Ο μεγαλύτερος παραπόταμος είναι ο Εριγών, εντός του εδάφους της Βόρειας Μακεδονίας, στον οποίο χύνονται και ο Σακουλέβας που πηγάζει από την Ελλάδα στην περιοχή της Φλώρινας και ο Υδραγόρας που διαρρέει το Μοναστήρι. Άλλοι παραπόταμοι εντός Ελληνικού εδάφους είναι o Σείριος και το Μέγα Ρέμα (Κοτζάντερε) που πηγάζουν από το Πάικο, καθώς και το Ρέμα Βούρκου (ή ρέμα Βρυσούλων) που πηγάζει από τα υψώματα του Γυναικοκάστρου και χύνεται στον Αξιό μέσω της τάφρου του Ανθοφύτου. Ένας άλλος παραπόταμος είναι το Αγιάκι που πηγάζει από την περιοχή του Χέρσου και αφού συμβάλει σ' αυτόν ο Σιλεμλής (που πηγάζει από το ομώνυμο χωριό της Βόρειας Μακεδονίας) καταλήγει στον Αξιό μέσω του καναλιού του Λιμνοτόπου.

Η κοιλάδα του Αξιού, μαζί με αυτή του γειτονικού Στρυμόνα, είναι οι κύριες διαβάσεις από βορρά προς τον ελλαδικό χώρο. Απ' αυτές πέρασαν όλοι οι λαοί που μετανάστευαν προς τα νότια της Βαλκανικής χερσονήσου.

Τις όχθες του ποταμού περικυκλώνουν δάση με λεύκες, οξιές και πλατάνια, ενώ κοντά στις εκβολές κυριαρχούν τα αλμυρίκια και οι θάμνοι. Στο δέλτα του Αξιού εκτρέφονται περίπου 60 νεροβούβαλοι και 50 περίπου άλογα ζουν ελεύθερα στην περιοχή. Τα δάση του Αξιού φιλοξενούν και άλλα ζώα όπως λύκους, τσακάλια, αγριόγατες, βίδρες κ.ά.

Αποτέλεσε σημείο σημαντικών μαχών κατά τον Α' Παγκόσμιο πόλεμο, με πιο γνωστή τη Μάχη του Αξιού (Μάιος του 1917).

Το 1934 έγινε ευθυγράμμιση της κοίτης του ποταμού, ο οποίος απειλούσε με πρόσχωση το λιμάνι της Θεσσαλονίκης. Τα υλικά που εναποτίθενται, από τότε, έχουν δημιουργήσει το σημερινό δέλτα Αλιάκμονα - Αξιού. (https://el.wikipedia.org/wiki/Αξιός)

### ΔΕΛΤΑ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Το δέλτα του ποταμού κατά την αρχαιότητα βρισκόταν περίπου 10 χλμ βορειοανατολικότερα από το σημερινό. Έως τον 5ο αιώνα η σημερινή πεδιάδα της Θεσσαλονίκης καλυπτόταν από θάλασσα και η Πέλλα ήταν παραθαλάσσια, στο μυχό του αρχαίου Θερμαϊκού κόλπου.

Στην περιοχή που εκβάλει ο Αξιός σχηματίζεται ένα δέλτα με έκταση 22.000 στρεμμάτων. Στην ευρύτερη περιοχή εκβάλλουν και οι ποταμοί Λουδίας, Αλιάκμονας και Γαλλικός και μαζί με τις αλυκές Κίτρους σχηματίζουν έναν υδροβιότοπο μεγάλης έκτασης και σημασίας, ο οποίος προστατεύεται από τις συνθήκες Ράμσαρ και Βέρνης.

Στην περιοχή υπάρχουν σημαντικοί πληθυσμοί υδρόβιων πτηνών όπως ερωδιοί, χαλκόκοτες, νεροχελίδονα και γαλιάντρες. Μαζί με τα είδη που καταφθάνουν την εποχή της μετανάστευσης ξεπερνούν στο σύνολο τα 200. Μεταξύ των ειδών αυτών υπάρχουν και αρπακτικά όπως ο θαλασσαετός, ενώ κάποιες φορές παρατηρούνται και διάφορα σπάνια για την περιοχή είδη.

Ο υδροβιότοπος αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα «επιβίωσης» λόγω της αλόγιστης ανθρώπινης δραστηριότητας. Τα βιομηχανικά και αστικά απόβλητα και τα λιπάσματα που μολύνουν τα ύδατα, η αμμοληψία, η λαθροθηρία και η υπεράντληση των υδάτων για άρδευση (Σκόπια) είναι ορισμένοι από τους κινδύνους που απειλούν τον υδροβιότοπο. Οι συγκεντρώσεις νιτρικών, νιτρωδών, αμμωνιακών αλάτων και ολικού φωσφόρου είναι εξαιρετικά υψηλές. Οι συνθήκες που είχαν υπογραφεί το 1957 και ανανεώθηκαν το 1987 μεταξύ Ελλάδας και ενωμένης τότε Σοσιαλιστικής Γιουγκοσλαβίας, καθόριζαν τον όγκο των νερών του ποταμού που θα περνούσαν στην Ελλάδα σε όχι λιγότερο από 32 m³/s και τώρα έχουν περιοριστεί σε 10 m³/s εξ αιτίας φραγμάτων που κατασκευάζονται στην Π.Γ.Δ.Μ και της προαναφερθείσας υπεράντλησης (-57% για την περίοδο 1961-2000). (https://el.wikipedia.org/wiki/Αξιός)

### Εκτροπή κοίτης Αξιού ποταμού

Οι εκβολές του Αξιού παλαιότερα ήταν 10 χλμ. ΒΑ από τη σημερινή τους θέση, κοντά στις εκβολές του ποταμού Γαλλικού, στο δυτικό στόμιο του λιμανιού της Θεσσαλονίκης. Ο πιθανός κίνδυνος όμως να κλείσει το λιμάνι της Θεσσαλονίκης από προσχώσεις, οδήγησε στην εκτροπή της κοίτης του με εργασίες που άρχισαν το 1928 και ολοκληρώθηκαν το 1934. Έτσι οι εκβολές του μετατοπίστηκαν από το στόμιο του λιμανιού στο στόμιο του κόλπου της Θεσσαλονίκης, κοντά στις εκβολές του ποταμού Λουδία. Στην περιοχή του Βαλτοχωρίου έχει κατασκευαστεί το φράγμα της Έλλης, μήκους 1.132 μ., με τα νερά του οποίου αρδεύονται με ανοιχτές διώρυγες (καναλέττα) περί τα 330.000 στρέμματα ακαθάριστης γεωργικής γης. Το παλιό Δέλτα του ποταμού διαβρώθηκε από τη θάλασσα, αλλά η ανάμειξη του αλμυρού με το γλυκό νερό δημιούργησαν ένα καινούργιο Δέλτα, που σήμερα θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους υγροτόπους διεθνούς σημασίας και έχει ανακηρυχθεί επισήμως ως Εθνικό Πάρκο Δέλτα Αξιού. Το 1954 άρχισε να κατασκευάζεται και φράγμα του Αξιού στην Ελεούσα το οποίο και τέθηκε σε πλήρη λειτουργία το 1962, εξυπηρετώντας τον κάμπο της Θεσσαλονίκης, ανατολικά και δυτικά της κοίτης του ποταμού. Με δύο αγωγούς, το νερό διοχετεύεται στα αρδευτικά δίκτυα, από τα οποία ποτίζονταν μέχρι τα τελευταία χρόνια 125.000 στρέμματα ανατολικά και 225.000 δυτικά. Σήμερα, τα 35.000 στρέμματα ποτίζονται από τον ποταμό Αλιάκμονα και από το φράγμα Ελεούσας, που δίνει 25 κυβικά μέτρα νερού το δευτερόλεπτο, ποτίζονται 320.000 στρεμμάτων. Το μεγαλύτερο μέρος των καλλιεργειών είναι ρύζι, βιομηχανική τομάτα, βαμβάκι, καλαμπόκι και μικρές εκτάσεις κηπευτικών. Τα τελευταία χρόνια συζητείται πλέον σοβαρά η σύνδεση του Αξιού με τον Δούναβη , ένα τεράστιο τεχνικό έργο με μεγάλη γεωπολιτική σημασία.(https://el.wikipedia.org/wiki/Αξιός)

## Δειγματοληψία ποταμών

Η λήψη δειγμάτων νερού από ποτάμια (ή ακόμη από ρυάκια, κανάλια, χειμάρρους, κ.ά.) παρουσιάζει ιδιαιτερότητες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Η ποιότητα του νερού μεταβάλλεται σημαντικά τόσο κατά μήκος του ποταμού, όσο και σε πολλές περιπτώσεις κατά το πλάτος του. Επίσης παρατηρούνται και σημαντικές μεταβολές της ποιότητας των νερών ανάλογα με τη χρονική περίοδο. Έτσι, για παράδειγμα μετά από βροχοπτώσεις στη λεκάνη απορροής ενός ποταμού η ποιότητα των νερών μεταβάλλεται σε πολύ μεγάλο ποσοστό. Αν οι βροχοπτώσεις σημειωθούν μετά την περίοδο χρήσης λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, τότε θα παρατηρηθούν αυξημένες συγκεντρώσεις των ουσιών αυτών στα νερά των ποταμών. Οι παραπάνω λόγοι επιτάσσουν την ανάγκη για ένα καλό προγραμματισμό δειγματοληψιών.

Όσο πιο μεγάλο είναι το πλάτος του ποταμού, τόσο απαραίτητη είναι η ανάγκη για ταυτόχρονη δειγματοληψία σε περισσότερα σημεία κατά πλάτος. Τα δείγματα λαμβάνονται πάντα από κινούμενα νερά του ποταμού. Όταν υπάρχουν παράλληλα ρεύματα μέσα στην κοίτη του ποταμού, τότε η δειγματοληψία μπορεί να γίνει: είτε από το μεγαλύτερο ρεύμα, είτε από όλα τα ρεύματα μετρώντας ταυτόχρονα, αν είναι δυνατό, και την παροχή του κάθε ρεύματος. Στην δεύτερη περίπτωση είναι δυνατόν τα δείγματα να μπορούν να ενωθούν αναλογικά προς την παροχή του κάθε ρεύματος και να σχηματίσουν ένα ολοκληρωμένο δείγμα.

Η επιλογή σημείων δειγματοληψίας κατά μήκος ενός ποταμού καθορίζεται από διάφορους παράγοντες οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

* Η λεκάνη απορροής του ποταμιού
* Τα σημεία όπου εισέρχονται οι παραπόταμοι
* Τα σημεία όπου πιθανόν αποχετεύονται πόλεις ή χωριά
* Τα σημεία απ’ όπου γίνεται υδροληψία είτε για υδροδότηση κατοικημένων περιοχών, είτε για άρδευση (Θ. Κουϊμτζής, Κ. Σαμαρά, 1994)

# ΡΥΠΑΝΣΗ – ΜΟΛΥΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ

## ΡΥΠΑΝΣΗ

Ως [ρύπανση](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CF%8D%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7) υδάτων ορίζεται κάθε άμεση ή έμμεση εισαγωγή ουσιών ή ενέργειας στο υδάτινο περιβάλλον η οποία έχει βλαβερή επίδραση στους οργανισμούς, είναι επικίνδυνη για την ανθρώπινη [υγεία](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B3%CE%B5%CE%AF%CE%B1) και τέλος αλλοιώνει την ποιότητα του [νερού](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B5%CF%81%CF%8C) και υποβαθμίζει τις δυνατότητες χρήσης του. Η ρύπανση των υδάτων δημιουργείται με την απελευθέρωση ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον, οι οποίες είτε διαλύονται είτε κατακάθονται στον πυθμένα και οι οποίες επιφέρουν αλλαγή στα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των επιφανειακών νερών.

Άμεση ρύπανση είναι αυτή που είναι δυνατόν να γίνει αντιληπτή άμεσα. Ένα παράδειγμα άμεσης ρύπανσης είναι η περίπτωση ενός ποταμού ή μιας λίμνης, όπου καταλήγουν τοξικά απόβλητα και προκαλείται άμεσος κι αιφνίδιος θάνατος ψαριών.

Έμμεση ρύπανση είναι η μορφή ρύπανσης, που δεν μπορεί να γίνει αντιληπτή εύκολα, επειδή δεν είναι ορατή. Για παράδειγμα, όταν καταλήγουν σε ένα ποτάμι ή σε μια λίμνη ή στη θάλασσα λύματα ή απόβλητα, σε ποσότητες που δεν μπορούν τα υδατικά οικοσυστήματα να καθαρίσουν, είναι αρκετά πιθανό να προκληθούν σταδιακά αλλαγές στα είδη που διαβιώνουν σε αυτό. Ορισμένα είδη αναπτύσσονται υπερβολικά, ενώ άλλα περιορίζονται ή εξαφανίζονται (ευτροφισμός). Σε πιο προχωρημένο επίπεδο ρύπανσης, μπορεί το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο να μειωθεί και να αρχίσει η παραγωγή άλλων αερίων, επικίνδυνων για τις μορφές ζωής (υδρόθειο, αμμωνία κα).



## Πηγές ρύπανσης νερού

Οι σπουδαιότερες πηγές ρύπανσης, οι οποίες επιβαρύνουν κατ’ αρχήν τα επιφανειακά νερά και στη συνέχεια τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες, μπορεί να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες:

• Αστικά λύματα: Ακάθαρτα νερά πόλεων και οικισμών που προέρχονται από τις κατοικίες και διάφορες άλλες δραστηριότητες (δημόσιες επιχειρήσεις, χώροι εργασίας, τουριστικές μονάδες, νοσοκομεία, εργαστήρια και ιατρικά κέντρα, βιοτεχνίες κα).

• Βιομηχανικά υγρά απόβλητα, που μπορεί να είναι παρόμοια με τα αστικά λύματα ή να περιέχουν και επικίνδυνα ή και τοξικά στοιχεία.

• Γεωργικά υγρά απόβλητα, τα νερά απορροής εντατικά καλλιεργούμενων εκτάσεων που μπορεί να περιέχουν λιπάσματα ή και φυτοφάρμακα.

• Κτηνοτροφικά υγρά απόβλητα, τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από μεγάλες ή μικρότερες μονάδες εκτροφής ζώων.

• Διείσδυση θαλασσινού νερού λόγω υπεράντλησης των υπόγειων νερών ή λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας εξαιτίας της αλλαγής του παγκόσμιου κλίματος (φαινόμενο θερμοκηπίου).

• Όξινη βροχή εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ή κατακρήμνισης των αέριων ρύπων με τη βροχή, το χιόνι, τον άνεμο ή λόγω βαρύτητας.

**Αγροτική ρύπανση**  
Η ρύπανση που προκαλείται στα νερά από τις γεωργικές δραστηριότητες αφορά τη ρύπανση από τα λιπάσματα που σχετίζεται με το τάισμα των ζώων, καθώς και τη ρύπανση φυτοφαρμάκων. **Βιομηχανική ρύπανση**  
Αποτελούν τις υγρές βιομηχανικές απορροές που σχετίζονται με την παραγωγική διαδικασία της βιομηχανίας. Η βιομηχανική ρύπανση που επιβαρύνει τα νερά της Ελλάδας: Οργανική, με επιπτώσεις στην κατανάλωση οξυγόνου των νερών, όπως από τις βιομηχανίες τροφίμων που είναι ανεπτυγμένες στην Ελλάδα. Ρύπανση με θρεπτικά, με επιπτώσεις την εμφάνιση ευτροφισμού στα νερά όπως από βιομηχανίες λιπασμάτων ή βιομηχανίες επίσης.  
  
**Ρύπανση από πετρελαιοειδή**  
Τα πετρελαιοειδή έχουν την ιδιότητα να διασπείρονται και να εξαπλώνονται σε τεράστιες εκτάσεις, επειδή σχηματίζουν μονομοριακές στρώσεις. Έτσι, καλύπτοντας την επιφάνεια του νερού, εμποδίζουν την ανταλλαγή των αερίων μεταξύ αέρα και νερού και βλάπτουν τους υδρόβιους οργανισμούς. Ακόμη, το πετρέλαιο επιδρά στις τροφικές αλυσίδες, ρυπαίνει τις πηγές τροφής που βρίσκονται στη βάση της τροφικής αλυσίδας, εμποδίζει την αναπαραγωγή της θαλάσσιας ζωής και μειώνει την φυσική αντίσταση των οργανισμών. Ωστόσο, πολλά βακτήρια που ζουν στο πετρέλαιο, έχουν την ικανότητα να το διασπούν, εξυγιαίνοντας έτσι τις ρυπασμένες περιοχές. Το πετρέλαιο διασπάται επίσης από την κίνηση του κυματισμού και της παλίρροιας.(http://aristoteliomaths.weebly.com)

**Επιπτώσεις της ρύπανσης**

Μείωση του οξυγόνου που είναι διαλυμένο στο νερό

Σε αντίθεση με την ατμόσφαιρα, όπου η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι σχεδόν πάντα σταθερή και ανεξάρτητη από τη ρύπανση, τα νερά απειλούνται συχνά με πλήρη ή μερική αποξυγόνωση (αναερόβιες συνθήκες). Όσο αυξάνεται η ρύπανση των νερών, κυρίως, με οργανικές ύλες, και ανεβαίνει η θερμοκρασία τους, τόσο μειώνεται το διαλυμένο οξυγόνο, γιατί καταναλώνεται λόγω της αερόβιας αναπνοής των μικροοργανισμών που κάνουν αποσύνθεση. Όταν, λοιπόν, ρυπαίνονται τα επιφανειακά νερά με απόβλητα που περιέχουν ουσίες, που αποσυντίθενται από μικροοργανισμούς (οργανικές ύλες), εκτός των άλλων «απομακρύνεται» από τα νερά και το οξυγόνο, που είναι απαραίτητο για την επιβίωση όλων των φυτικών και ζωικών υδρόβιων οργανισμών. Οι συνέπειες μπορεί να είναι καταστροφικές για τους περισσότερους υδρόβιους οργανισμούς, αφού κινδυνεύουν από ασφυξία. Έτσι, η ρύπανση με αστικά λύματα ή άλλα απόβλητα, που περιέχουν οργανικό φορτίο, μπορεί να απειλήσει με καταστροφή ένα ολόκληρο υδατικό οικοσύστημα.

Ευτροφισμός των νερών

Αντίστοιχα αποτελέσματα για τα επιφανειακά νερά έχει και η ρύπανση με ανόργανα άλατα που περιέχουν άζωτο και φώσφορο, που περιέχονται συνήθως σε λιπάσματα, απόβλητα κτηνοτροφικών και πτηνοτροφικών μονάδων, απορρυπαντικά και σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα. Το σπουδαιότερο πρόβλημα, που δημιουργεί το άζωτο και ο φώσφορος είναι ο ευτροφισμός, δηλαδή η υπερβολική ανάπτυξη αλγών (φυτοπλαγκτόν) στα επιφανειακά νερά από την υπερβολική τροφοδοσία των νερών με θρεπτικά συστατικά. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί σοβαρή διατάραξη του υδατικού οικοσυστήματος με διάφορες καταστροφικές συνέπειες, μεταξύ των οποίων είναι η υπερβολική ανάπτυξη ορισμένων ειδών σε βάρος όλων των άλλων, η μείωση ή και εξαφάνιση της ποικιλίας ειδών με θανάτωση ή μετανάστευσή τους, καθώς και η πλήρης ή μερική αποξυγόνωση των νερών. Όταν μειώνεται δραματικά το διαλυμένο οξυγόνο στα νερά, συνήθως, υπάρχει στην ατμόσφαιρα μια οσμή κλούβιων αυγών (αναερόβιες συνθήκες).

Ρύπανση υπόγειων νερών

Τα υπόγεια νερά είναι, επίσης, πολύ ευάλωτα στη ρύπανση και έχουν μειωμένη ικανότητα αυτοκαθαρισμού. Η κατάληξη αστικών λυμάτων, ξεπλυμάτων εδάφους από εντατική χρήση χημικών λιπασμάτων, αλλά και κτηνοτροφικών αποβλήτων στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα έχει ως κύριο αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών αλάτων. Εξαιτίας αυτής της ρύπανσης, τα υπόγεια νερά γίνονται επικίνδυνα για τον άνθρωπο και τους ζωικούς οργανισμούς.

Η ρύπανση του εδάφους με τοξικές ουσίες ή βιομηχανικά απόβλητα μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων ή άλλων τοξικών ουσιών στα υπόγεια νερά, όπως για παράδειγμα διαπιστώνεται σε περιοχές της Σταυρούπολης (Θεσσαλονίκη), εξαιτίας τοξικών υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων από βιομηχανία της περιοχής. Είναι εξαιρετικά δύσκολο και δαπανηρό να καθαρίσουμε τα υπόγεια νερά από επικίνδυνες και τοξικές ουσίες.

Το πρόβλημα της ρύπανσης έχει πάρει τεράστιες διαστάσεις στις μέρες μας και συνεχώς διογκώνεται, κυρίως λόγω της τεχνολογίας του ανθρώπου και της κακής χρήσεως της τεχνολογίας: εδώ υπάγονται χημικές ενώσεις με κύριους εκπροσώπους τα πολυχλωριομένα παράγωγα, διάφορα ζιζανιοκτόνα, φυτοφάρμακα, προϊόντα του πετρελαίου και των λιπαντικών και διάφορα απορρυπαντικά τα οποία χρησιμοποιούνται κατά κόρον και δεν είναι ακίνδυνα.

## ΜΟΛΥΝΣΗ

Όταν βρώμικα νερά από κατοικίες, νοσοκομεία, χώρους απόρριψης σκουπιδιών κλπ. καταλήγουν σε ποτάμια, λίμνες ή στη θάλασσα μπορούν να οδηγήσουν σε διάφορες μορφές ρύπανσης: για παράδειγμα, ρύπανση εξαιτίας της παρουσίας χημικών, βλαβερών ουσιών, αλλά και μόλυνση εξαιτίας της παρουσίας μικροβίων και γενικότερα παθογόνων οργανισμών στα βρώμικα νερά. Μόλυνση ονομάζεται μια ειδική κατηγορία ρύπανσης, που οφείλεται σε μικροοργανισμούς, δηλαδή η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στα νερά. Αυτή οφείλεται κατά κανόνα σε αστικά ή κτηνοτροφικά λύματα. Η ανίχνευση των παθογόνων μικροοργανισμών στο νερό μπορεί να γίνει και έμμεσα, μέσω της μέτρησης, για παράδειγμα, των κολοβακτηριδίων, τα οποία όταν βρίσκονται σε μεγαλύτερες ποσότητες αποτελούν ένδειξη της πιθανής μόλυνσης των νερών.

**Πηγές ρύπανσης του νερού**

Το νερό υφίσταται ρύπανση ι σε όλη τη διαδρομή του. Όταν είναι σύννεφο, όταν πέφτει σαν βροχή, όταν κυκλοφορεί μέσα στη γη, στις πηγές που συγκεντρώνεται, αλλά και στους σωλήνες που το φέρνουν στο οικιακό δίκτυο. Οι κύριες πηγές ρύπανσης είναι οι εξής:

* Ατμοσφαιρική ρύπανση
* Φυτοφάρμακα
* Λιπάσματα
* Χημικά
* Τοξικά απόβλητα εργοστασίων
* Απόβλητα κτηνοτροφίας – πτηνοτροφίας
* Αστικά απόβλητα - βόθροι
* Εντομοκτόνα - ζιζανιοκτόνα
* Μικρόβια – βακτηρίδια
* Υψηλές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων
* Διαρροές δικτύων αποχέτευσης
* Πετρέλαιο – βενζίνη
* Παράγωγα χλωρίωσης

**Υφαλμύρυνση υπόγειων νερών**

Η εντατική άντληση των υπόγειων νερών με ρυθμό που δεν επιτρέπει την ανανέωση τους, προκαλεί την εισβολή αλμυρού νερού στους υδροφορείς από τη θάλασσα. Όταν η στάθμη του υπόγειου νερού υποχωρήσει κάτω από την στάθμη του θαλάσσιου νερού με το οποίο συνδέεται, τότε αντί να έχουμε ροή από τον υπόγειο υδροφορέα στη θάλασσα, έχουμε αντιστροφή του φαινομένου και νερό από την θάλασσα εισέρχεται στο υπόγειο νερό.  Αλμυρό νερό είναι πιο πιθανό να εισβάλλει σε μεγαλύτερη έκταση σε παράκτιες περιοχής, εξαιτίας της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (έως και εβδομήντα εκατοστά μέσα στις επόμενες δεκαετίες) λόγω της κλιματικής αλλαγής ή της μείωσης των βροχοπτώσεων. (http://www.watersave.gr/index.php)

# Νομοθεσία

Η Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα εξέδωσε οδηγία το 1980 σχετικά με την ποιότητα του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση. Η οδηγία της EEC απευθύνεται στην καθιέρωση ορίων για τις τοξικές ενώσεις και τα βακτήρια που αποτελούν κίνδυνο για τη δημόσια υγεία, όπως επίσης τον ορισμό φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων για τις διάφορες χρήσεις του νερού, συμπεριλαμβανομένης της ανθρώπινης κατανάλωσης (Faust&Aly, 1998). Τα κράτη-μέλη είναι υποχρεωμένα να χαρακτηρίζουν και να κατηγοριοποιούν το νερό τους σύμφωνα με την οικολογική του κατάσταση σε πέντε ποιοτικές κατηγορίες (υψηλό, καλό, μέτριο, φτωχό, κακό). Ένας από τους στόχους της WFD είναι να εξασφαλίσει για όλα τα επιφανειακά νερά της Ευρώπης ένα ‘καλό΄ προφίλ το αργότερο έως το 2015. Οι ευρωπαϊκές λεκάνες απορροής στη μεσόγειο, ειδικότερα αυτές στην Ελλάδα, χαρακτηρίζονται από μεγάλες διαφορές όσον αφορά τα μορφολογικά, κλιματικά, υδρογραφικά, πετρογραφικά και βλαστικά χαρακτηριστικά και τη μεταβλητότητα στα επίπεδα της μόλυνσης (Skoulikidis et al., 2009). Ως εκ τούτου, η εκτίμηση της οικολογικής ποιότητας των ελληνικών ποταμών είναι μία περίπλοκη διαδικασία και απαιτεί μία ειδική προσέγγιση (Skoulikidis et al., 2002)

**ΥΠΟΥΡΓΙΚΗ ΑΠΟΦΑΣΗ: Αριθ. οικ. 46399/1352/86**

**Απαιτούμενη ποιότητα των επιφανειακών νερών που προορίζονται για: «πόσιμα», μέθοδοι μέτρησης, συχνότητα δειγματοληψίας και ανάλυση των επιφανειακών νερών που προορίζονται για πόσιμα, σε συμμόρφωση µε τις οδηγίες του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 75/440/ΕΟΚ, 76/160/ΕΟΚ, 78/659/ΕΟΚ, 79/293/ΕΟΚ και 79/869/ΕΟΚ.**

(ΦΕΚ 438/Β/3-7-86)

Άρθρο 2

Έννοια όρων

Για την εφαρμογή της παρούσας αποφάσεως ως :

1. Επιφανειακά νερά νοούνται τα γλυκά επιφανειακά νερά που χρησιμοποιούνται η προορίζονται να χρησιμοποιηθούν μετά την εφαρμογή κατάλληλης επεξεργασίας, για την παραγωγή πόσιμου νερού.
2. "Πόσιμα νερά" νοούνται όλα τα επιφανειακά νερά που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση και διοχετεύονται από δίκτυο παροχής στη Δημόσια χρήση.

Άρθρο 3

Απαιτούμενα πρότυπα ποιότητας επιφανειακών νερών ανάλογα µε την χρήση τους

Α. Γλυκά επιφανειακά νερά.

1. Νερά για παραγωγή πόσιμου νερού.

1.1. Κατηγορίες νερών που προορίζονται για παραγωγή πόσιμου νερού.

Τα νερά που προορίζονται για παραγωγή πόσιμου νερού κατατάσσονται στις ακόλουθες κατηγορίες, ανάλογα µε τη προβλεπόμενη επεξεργασία τους.

α) Κατηγορία Α1

Νερά μετά από απλή φυσική επεξεργασία και απολύµανση ιδίως µε ταχεία διύλιση και απολύµανση.

β) Κατηγορία Α2

Νερά µετά από κανονική φυσική και χηµική επεξεργασία και απολύµανση (ιδίως µε προχλωρίωση, συσσωµάτωση. κροκύδωση, καθίζηση, διύλιση και απολύµανση).

γ) Κατηγορία Α3

Νερά µετά από εντατική και χηµική επεξεργασία και προχωρηµένηαπολύµανση ιδίως µε χλωρίωση µέχρι του σηµείου θραύσεως συσσωµάτωση, κροκκίδωση, καθίζηση, διύλιση, προσρόφηση (ενεργός άνθρακας), και απολύµανση (όζον τελική χλωρίωση).

1.2. Απαιτούµενα πρότυπα ποιότητας των νερών που προορίζονται για παραγωγή πόσιµου νερού ανάλογα µε την κατηγορία τους.

Τα απαιτούµενα πρότυπα ποιότητας των νερών για παραγωγή πόσιµου νερού, κάθε κατηγορίας από τις παραπάνω αναφέρονται στο παράρτηµα 1 του άρθρ. 10 και εκφράζονται από τις στήλες του ως ανωτέρα επιτρεπόµενα όρια και ως επιθυµητά όρια(<http://www.elinyae.gr>).

Ο∆ΗΓΙΑ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ της 16ης Ιουνίου 1975 περί της απαιτουμένης ποιότητος των υδάτων επιÔάνειας που προορίζονται για την παραγωγή ποσίμου ύδατος στα Κράτη μέλη (75/440/ΕΟΚ) (ΕΕ αριθ. L 194 της 25. 7. 1975, σ. 26)

**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι**

Καθορισμός των προτύπων μεθόδων επεξεργασίας για τη μεταφορά των υδάτων επιφανείας των κατηγοριών Α1, Α2 και Α3 σε πόσιμο ύδωρ

Κατηγορία Α1

Απλή φυσική επεξεργασία και απολύμανση, π.χ. ταχεία διήθηση και απολύμανση.

Κατηγορία Α2

Ομαλή φυσική επεξεργασία, χημική επεξεργασία και απολύμανση, π.χ. προ-χλωρίωση, πήξη, κροκύδωση, καταστάλαξη, διήθηση, απολύμανση (τελική χλωρίωση).

Κατηγορία Α3

Εντατική φυσική και χημική επεξεργασία, τελική επεξεργασία και απολύμανση, π.χ. χλωρίωση μέχρι σημείου ρήξεως, πήξη, κροκύδωση, καταστάλαξη, διήθηση, τελική επεξεργασία (ενεργός άνθρακας), απολύμανση (όζον, τελική χλωρίωση) (<http://www.waterlabs.gr>).

Το *ΦΕΚ 438/Β/3-7-86* τροποποιήθηκε από το *ΦΕΚ 3282/Β/19-9-2017*(https://www.e-nomothesia.gr), με τα όρια των φυσικοχημικών παραμέτρων των επιφανειακών υδάτων ωστόσο να μένουν τα ίδια.

Στον **Πίνακα 1** παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά υδάτων επιφανείας που προορίζονται για την παραγωγή ποσίμου ύδατος σύμφωνα με την 75/440/ΕΟΚ (<http://www.waterlabs.gr>)

**Πίνακας 1**: Χαρακτηριστικά επιφανειακών νερών που προορίζονται για πόσιμα σύμφωνα με την 75/440/ΕΟΚ (<http://www.waterlabs.gr>)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Παράμετροι | Μονάδα | Α1 | Α2 | Α3 |
| pH |  | 6,5-8,5 | 5,5-9 | 5,5-9 |
| Χρωματισμός (κατόπιν απλής διηθήσεως) | mg/L κλίμακα | 10 | 50 | 50 |
| Σύνολο αιωρουμένων υλών | mg/L MES | 25 | - | - |
| Θερμοκρασία | OC | 22 | 22 | 22 |
| Αγωγιμότητα | μS/cm-1 στους 20 OC | 1000 | 1000 | 1000 |
| Οσμή | Συντελεστής διαλύσεως σε 25 OC | 3 | 10 | 20 |
| Νιτρικά | mg/L NO2 | 25 | - | - |
| Φθοριούχα | mg/L F | 0.7-1 | 0.7-1.7 | 0.7-1.7 |
| Ολικό οργανικό χλώριο εκχυλίσιμο | mg/L Cl | - | - | - |
| Διαλελυμένος σίδηρος | mg/L Fe | 0.1 | 1 | 1 |
| Μαγγάνιο | mg/L Mn | 0.05 | 0.1 | 1 |
| Χαλκός | mg/L Cu | 0.02 | 0.05 | 1 |
| Ψευδάργυρος | mg/L Zn | 0.5 | 1 | 1 |
| Βόριο | mg/L B | 1 | 1 | 1 |
| Αρσενικό | mg/L As | 0.01 | 0.05 | 0.1 |
| Κάδμιο | mg/L Cd | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| Υδράργυρος | mg/L Hg | 0.0005 | 0.0005 | 0.0005 |
| Θειϊκά | mg/L SO4 | 150 | 150 | 150 |
| Χλωριούχα | mg/L Cl | 200 | 200 | 200 |
| Επιφανειακοί παράγοντες (που επιδρούν με κυανούν του μεθυλενίου) | mg/L (lauryl-sulfate) | 0.2 | 0.2 | 0.5 |
| Φωσφορικά | mg/L P2O5 | 0.4 | 0.7 | 0.7 |
| Φαινόλες (δείκτης φαινολών) Ρ-νιτροανιλίνη 4 αμινοαντιπυρίνη | mg/L C6H2OH | - | 0.001 | 0.01 |
| Υδρογονάνθρακες διαλυλυμένοι ή γαλακτωματοποιημένοι (δι΄ εκχυλίσεως με πετρελαϊκό αιθέρα) | mg/L | - | - | 0.5 |
| Χημική απαίτηση σε οξυγόνο (VOD) | mg/L O2 | - | - | 30 |
| Ποσοστό κορεσμού σε διαλελυμένο οξυγόνο | %O2 | >70 | >50 | >30 |
| Βιοχημική απαίτηση σε οξυγόνο (BOD5) (στους 20 oC χωρίς προσθήκη νιτρικών) | mg/L O2 | <3 | <5 | <7 |
| Άζωτο Kjeldahl (εξαιρουμένου του ΝΟ3) | mg/L N | 1 | 2 | 3 |
| Αμμωνία | mg/L NH4 | 0.005 | 1 | 2 |
| Ουσίες δυνάμενες να εκχυλισθούν με χλωροφόρμιο | mg/L SEC | 0.1 | 0.2 | 0.5 |
| Ολικός οργανικό άνθρακας | mg/L C | - | - | - |
| Υπολειμματικός οργανικός άνθρακας κατόπιν κροκιδώσεως και διυλίσεως επί μεμβράνης (5μ) TOC | mg/L C | - | - | - |

## ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ

Το πόσιμο νερό είναι και πρέπει να είναι το καλύτερα ελεγχόμενο μέσο διατροφής. Η νομοθεσία προσδιορίζει τις συγκεντρώσεις διαφόρων ουσιών, που επιτρέπεται να υπάρχουν μέσα στο πόσιμο νερό, ώστε να ανταποκρίνεται στις υψηλές ποιοτικές προδιαγραφές, που απαιτούνται σε σχέση με το σημαντικό για τη ζωή μας αγαθό. Η τεχνολογία που διατίθεται σε αρκετές χώρες είναι σε θέση να ανιχνεύει στο νερό ιχνοστοιχεία, που βρίσκονται σε συγκεντρώσεις του δισεκατομμυριοστού του γραμμαρίου ανά λίτρο.

Αν και τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες, περίπου 1200 χημικά είδη, που περιέχουν 230 δραστικές ουσίες, κυκλοφορούν στο εμπόριο και χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες ως φυτοφάρμακα, λιπάσματα ή ζιζανιοκτόνα. Πολλά από τα φυτοφάρμακα είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στο χρόνο και γι’ αυτό εξαιρετικά επικίνδυνα, όταν καταλήγουν στο νερό. Το όριο που έχει θεσμοθετηθεί για την περιεκτικότητα σε φυτοφάρμακα είναι 0,5 μικρογραμμάρια (εκατομμυριοστό του γραμμαρίου) ανά λίτρο συνολικά, και ειδικά για ορισμένα όργανο-χημικά (τα ίδια ή τα προϊόντα αποικοδόμησής τους είναι ιδιαίτερα τοξικά) το όριο είναι το 0,1 μικρογραμμάριο ανά λίτρο.

Η νομοθεσία ορίζει, επίσης ότι το πόσιμο νερό δεν πρέπει να περιέχει περισσότερα από 50 milligram (χιλιοστά του γραμμαρίου) ανά λίτρο νιτρικών. Οι νιτρικές ενώσεις στα νερά προέρχονται, συνήθως, από τη χρήση λιπασμάτων και την απόρριψη λυμάτων και ιλύος. Οι νιτρικές ενώσεις είναι ουσίες, που υπάρχουν στη φύση, αλλά αυτό που προκαλεί ανησυχία είναι οι ουσίες, στις οποίες μετασχηματίζονται: τα νιτρώδη και οι νιτροζαμίνες. Η μακροχρόνια κατανάλωση αυτών των ουσιών μέσω της τροφικής αλυσίδας μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία.(https://www.moh.gov.gr)

Τέλος, τα πόσιμα νερά πρέπει να έχουν διαλυμένο οξυγόνο με τιμή 75% τουλάχιστον της τιμής κορεσμού, στα νερά κολύμβησης το διαλυμένο οξυγόνο πρέπει να είναι 80-120% της τιμής κορεσμού, ενώ στα γλυκά νερά, στα οποία διαβιούν πέστροφες και άλλα είδη της οικογένειας των σαλμονιδών, το διαλυμένο οξυγόνο πρέπει να είναι στο 50% των εξετασθέντων δειγμάτων, μεγαλύτερο από 9 και στο 100% των δειγμάτων μεγαλύτερο από 6. (Ζανάκη, 2001)

## **ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ**

Τα νερά διακρίνονται σε επιφανειακά και υπόγεια, η ροή των οποίων εξαρτάται από την μορφολογία του εδάφους, συστάσεως και κλίσεως αυτού κάθε περιοχής. Τα νερά διακρίνονται σε δυο βασικές κατηγορίες:**α)** στα πόσιμα νερά, **β)** μη πόσιμα.

Τα **πόσιμα νερά** είναι εκείνα τα οποία είναι κατάλληλα προς πόση όπως έχουν και ευρίσκονται από την προέλευση τους, ή μπορούν να καταστούν κατάλληλα με την εφαρμογή εύκολων και οικονομικών μέσων.

**Μη πόσιμα νερά** είναι εκείνα που δεν πίνονται, όπως της θάλασσας, αλμυρών λιμνών και πολλά των ιαματικών πηγών και δεν είναι δυνατή η καταλληλότητα τους λόγω δύσκολων και οικονομικών μέσων.

Είναι γνωστό σε όλους ότι στην εποχή μας το σοβαρό έργο παροχής υγιεινού νερού έχουν αναλάβει με νόμο οι Δημοτικοί φορείς οι οποίοι και είναι υπεύθυνοι για την παροχή υγιεινής ύδρευσης των πολιτών. Σκοπός της ύδρευσης είναι η συνεχής παροχή, η υγιεινή διασφάλιση και η επαρκή ποσότητα για τις ατομικές και οικιακές ανάγκες. Η επίδραση της υδρεύσεως στην Δημόσια υγεία είναι έμμεσος και ουσιώδης.

**Πόσιμο νερό**: Το χημικώς καθαρό νερό, ως έντονα διαλυτικό υγρό, εμπλουτίζεται κατά την επαφή του με το περιβάλλον με διάφορες ουσίες οι οποίες διαλύονται σε αυτό. Το ευρισκόμενο στη φύση νερό παρουσιάζει συχνά ορισμένα φυσικά, χημικά, ραδιολογικά, μικροβιολογικά, βιολογικά χαρακτηριστικά, τα οποία οφείλονται κατά βάση στις περιεχόμενες σε αυτό ουσίες.

Το πόσιμο νερό πρέπει οργανοληπτικώς (γεύση, οσμή, εμφάνιση κ.λπ.) να είναι άμεμπτο και από κάθε άποψη αβλαβές για την υγεία των ανθρώπων. Ακόμη δεν πρέπει να προκαλεί σοβαρές ζημιές στα έργα ύδρευσης (διαβρώσεις, εμφράξεις σωληνώσεων κ.λπ.) και πρέπει τα χαρακτηριστικά του (φυσικά, χημικά, κ.λπ.) να κυμαίνονται εντός ορίων που αποτελούν το πρότυπο ποιότητας, τα «STANDARDS» του πόσιμου νερού. Τα πρότυπα ποιότητος του πόσιμου νερού καθορίζονται βάση κριτηρίων ,στα οποία πρωτεύοντα θέση κατέχουν τα υγειονομικά, χωρίς βεβαίως να αγνοούνται τα οικονομικά, τεχνικά, αισθητικά κ.λπ. Αυτά καλύπτονται στην Ελλάδα και νομοθετικώς με υγειονομικές διατάξεις και νόμους βάση των προτύπων πόσιμου νερού της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας. (https://www.rainbowwaters.gr)

## ΟΡΙΑ ΚΥΡΙΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΝΕΡΟΥ

**Πίνακας 2:** Οι παράμετροι του νερού και τα αποδεκτά τους όρια. (http://www.aquasol.gr)

| **Παράμετρος** | **Αποδεκτά όρια ελληνικής νομοθεσίας** | **Προτεινόμενα όρια AQUASOL** |
| --- | --- | --- |
| pH | 6,5-9,5 | 6,5-9,5 |
| Αγωγιμότητα | 2.500 μS/cm (20°C) | 1.000 μS/cm |
| Ολική σκληρότητα | – | 80-280 mg/L |
| Χλωριούχα | 250 mg/L | 100 mg/L |
| Θειικά | 250 mg/L | 100 mg/L |
| Νιτρικά | 50 mg/L | 5 mg/L |
| Βρωμιούχα | 10 mg/L | 10 mg/L |
| Νάτριο | 200 mg/L | 100 mg/L |
| Σίδηρος | 200 mg/L | 50 mg/L |
| Χαλκός | 2 mg/L | 1 mg/L |
| Μόλυβδος | 10 μg/L | 10 μg/L |
| Αρσενικό | 10 μg/L | 10 μg/L |
| Κάδμιο | 5 μg/L | 5 μg/L |
| Χρώμιο | 50 μg/L | 50 μg/L |
| Μόλυβδος | 10 μg/L | 10 μg/L |
| Υδράργυρος | 1 μg/L | 1 μg/L |
| Παρασιτοκτόνα | 0,1 μg/L | 0,1 μg/L |

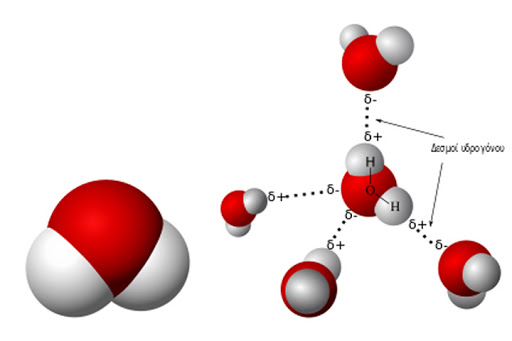
## ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

**1.** Βασικό μέτρο προστασίας για την αποφυγή μόλυνσης υπογείου νερού είναι η κατασκευή στεγανών βόθρων γενικώς. Μεγάλη προσοχή και εφαρμογή διατάξεων στην σωστή διάθεση αποβλήτων κτηνοτροφικών μονάδων(χοιροστάσια, βουστάσια κλπ) τα εν λόγω απόβλητα είναι δυνατόν να μολύνουν πηγές σε αποστάσεις χιλιομέτρων ρυπαίνοντας το υπέδαφος σε μεγάλα βάθη, μεταφέροντας την μόλυνση. Η προστασία των πηγών τεχνικώς επιβάλλεται σχολαστικότατα στην καλλιέργεια της για την αποφυγή διείσδυσης επιφανειακών νερών πάσης φύσεως και απομάκρυνση τυχόν εστίας μόλυνσης σε αποστάσεις ασφαλείας.  
  
**2.** Στην διαδρομή αγωγών ύδρευσης επιβάλλεται κατασκευή φρεατίων επίσκεψης με μεταλλικά καλύμματα μη παραβιαζόμενα και με ασφαλή χείλη περιμετρικώς προς τα κάτω 5 εκ.  
  
**3.** Αντλιοστάσια και δεξαμενές: Τεχνική προστασία αυτών από την είσοδο επιφανειακών νερών και διαφόρων άλλων ρύπων, προστασία αγωγών, περιφράξεις των χώρων, τυχόν αρχική τροφοδότηση της αντλίας με υγιεινό νερό και τοποθέτηση μηχανήματος χλωριώσεως για συνεχή χλωρίωση της ύδρευσης.  
  
**4.** Δίκτυο διανομής: ο τακτικός έλεγχος αγωγών ύδρευσης για τυχόν θραύση αυτού, συνεχής παροχή νερού, οι αγωγοί ύδρευσης πρέπει να βρίσκονται 0,5-1μ. υψηλότερα των υπονόμων και σε οριζόντια απόσταση 3 μ. και άνω, βάθος τοποθέτησης αυτών από 0,80 - 1 μ.  
  
**5.** Εις τον χώρο των κατοικιών έλεγχο κινδύνου αναρρόφησης ακαθαρσιών εξ υδραυλικών υποδοχέων.

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία ο κάθε φορέας ύδρευσης επιβάλλεται να τηρεί ειδικό ημερολόγιο υδρεύσεως και να ενημερώνεται τούτο ανελλιπώς.  
Η παροχή υγιεινού νερού παίζει αποφασιστικό ρόλο στην υγεία, την οικονομία και το πολιτιστικό επίπεδο του ανθρώπου. Μερικά ατυχή συμβάντα μικροεπιδημίες, ρύπανση, δείχνουν καλά την πορεία που πρέπει να ακολουθήσει ένας καλός οργανωμένος Δήμος για την προστασία του νερού.(<http://www.watersave.gr/index.php>)

# Δομή

Το μόριο του νερού αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου (Η) και ένα άτομο οξυγόνου(Ο), που συνδέονται μεταξύ τους με (πολωμένους) ομοιοπολικούς δεσμούς τύπου σ. Έχει μοριακό τύπο H2O, αλλά σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται επίσης και οι τύποι ΗΟΗ και ΟΗ2(σπανιότερα)(Campbell et al., 2006). Η σχετική αναλογία μαζών του υδρογόνου και του οξυγόνου είναι 2.016:16.000, δηλαδή περίπου 1:8. Η διάταξη του μορίου του νερού απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



**Σχήμα 1:** σχηματική αναπαράσταση του μορίου του νερού και των φορτίων των δεσμών του.

Χημικά, το νερό είναι μια πολύ σταθερή χημική ένωση, αλλά ταυτόχρονα και αρκετά δραστική. Συνέπεια της ύπαρξης δεσμών υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού αποτελούν κάποιες εξαιρετικές ως μοναδικές ιδιότητες, όπως το γεγονός ότι στη στερεή κατάσταση έχει μικρότερη πυκνότητα σε σύγκριση με την υγρή αντίστοιχη. (Manahan, 2011)

## Κατηγορίες νερών – παράμετροι ελέγχου

Το νερό είναι από τα κύρια συστατικά του πλανήτη μας και έχει ιδιαίτερη σημασία για το σύνολο των ζώντων οργανισμών. Η παρουσία του νερού είναι αποφασιστική παράμετρος για την ανάπτυξη των ανθρώπινων κοινωνιών.

Τα φυσικά νερά περιέχουν διάφορες ουσίες, είτε διαλυμένες είτε αιωρούμενες. Οι ουσίες αυτές προέρχονται από τα υλικά με τα οποία τα νερά έρχονται σε επαφή. Δια μέσου των αιώνων τα διάφορα φυσικά νερά απέκτησαν μια σχεδόν σταθερή περιεκτικότητα σε διάφορες ουσίες, γεγονός που καθορίζει και την χρήση τους, π.χ. νερά πηγών, ποταμιών, λιμνών, ελών, θαλασσών, κ.α.

Τα φυσικά νερά πολλές φορές περιέχουν και ουσίες που οφείλονται σε ανθρώπινες δραστηριότητες. Όταν οι ουσίες αυτές βρίσκονται σε συγκεντρώσεις επικίνδυνες για τους ζώντες οργανισμούς, τότε θεωρούμε ότι να νερά είναι ρυπασμένα. Πολλές φορές η παρουσία ουσιών στα νερά τα καθιστά ακατάλληλα για διάφορες χρήσεις, όπως π.χ. για την άρδευση, τη βιομηχανία κ.α. Η παρουσία των ουσιών που καθορίζουν τα χαρακτηριστικά ποιότητας και κατ’ επέκταση τη χρήση των νερών δημιουργεί την ανάγκη για έλεγχο της ποιότητας και του βαθμού ρύπανσης αυτών.

Οι διάφοροι τύποι ελέγχου της ποιότητας και του βαθμού ρύπανσης των νερών περιλαμβάνουν ορισμένες παραμέτρους, οι κυριότερες από τις οποίες αναφέρονται παρακάτω.

1. Παράμετροι οργανοληπτικού ελέγχου

* Οσμή
* Γεύση
* Χρώμα
* Θολερότητα
* Αιωρούμενα στερεά
* Αφροί, κηλίδες κ.α.

1. Παράμετροι γενικού φυσικοχημικού ελέγχου

* Αγωγιμότητα
* Σκληρότητα
* Ολικά διαλυμένα στερεά
* Αλκαλικότητα
* Χλωριότητα
* Δυναμικό οξειδοαναγωγής
* Νάτριο, κάλιο, κ.α.
* Διαλυμένο οξυγόνο (D.O.)

1. Παράμετροι ελέγχου της ρύπανσης των νερών

* Οξειδωσιμότητα (KMnO4)
* Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD)
* Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)
* Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)
* Ενώσεις του αζώτου (αμμωνία, νιτρικά, νιτρώδη, κ.α.)
* Ενώσεις φωσφόρου (φωσφορικά, πολυφωσφορικά, κ.α.)
* Θειικά, θειούχα κ.α.
* Απορρυπαντικά
* Βαρέα μέταλλα – τοξικά στοιχεία
* Λιπαρές ουσίες, πετρελαιοειδή
* Διάφορες άλλες κατηγορίες επικίνδυνων και τοξικών ουσιών (φυτοφάρμακα, οργανοχλωριωμένες ενώσεις, κυανούχα, κ.α.)

1. Βιολογικές παράμετροι

* Χλωροφύλλη -α
* Φυτοπλαγκτόν
* Βιοποικιλότητα

1. Μικροβιολογικές παράμετροι

* Κολοβακτηριοειδή
* Παθογόνα μικρόβια

1. Ραδιολογικές παράμετροι

* α και β ακτινοβολία
* ραδιοϊσότοπα

1. Ειδικοί έλεγχοι

* Βιολογικοί
* Τοξικολογικοί
* Έλεγχοι ιζημάτων (κοκομετρικοί, μαγνητικοί, κ.α.)

Ο τύπος του περιβαλλοντικού ελέγχου και κατ’ επέκταση οι παράμετροι ελέγχου επιλέγονται με βάση τους ειδικούς στόχους και λόγους για τους οποίους γίνεται ο συγκεκριμένος έλεγχος. Ανάλογα , επιλέγονται οι τεχνικές δειγματοληψίας. Οι παραπάνω ενέργειες πρέπει να εκτελούνται με την απαιτούμενη ακρίβεια και συνέπεια, επειδή σε κάποιο βαθμό επηρεάζουν την επαναληψιμότητα και την ακρίβεια, και επομένως την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι διαυγές, δροσερό, άχρωμο και άοσμο, ελεύθερο παθογόνων, άριστο αναφορικά με τη γεύση, να μην προκαλεί διάβρωση των μετάλλων, να περιέχει διαλυτές ενώσεις μόνο σε χαμηλά όρια και ανόργανα συνήθως σε συγκεντρώσεις χαμηλότερες από 1 g/L. Το πόσιμο νερό ανακτάται από πηγές από υπόγεια και επιφανειακά νερά.(Γαλανοπούλου κ.ά., 2011)

## Ιδιότητες

Το (χημικά καθαρό) νερό, στις «κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος» (**S**tandard **A**mbient **T**emperature and **P**ressure - **SATP**, δηλαδή σε θερμοκρασία 25°C και υπό πίεση 1atm), βρίσκεται σε μια δυναμική ισορροπία υγρού - αερίου, με κύρια φάση την υγρή. Είναι άγευστο και άοσμο, σχεδόν άχρωμο και διαυγές, αλλά εμφανίζει μια γαλάζια χροιά όταν βρίσκεται σε βαθιά στρώματα. Το νερό στη Γη κινείται συνεχόμενα μέσω του «κύκλου του νερού» (μια φυσική ανακύκλωση) που περιλαμβάνει την εξάτμιση (κυρίως των θαλασσών), τη μεταφορά της υγρασίας, τη συμπύκνωση, την κατακρήμνιση (με βροχή, χιόνι, χαλάζι, κ.ά.) και την αποστράγγιση με την οποία το μεγαλύτερο ποσοστό επιστρέφει στις θάλασσες. Η εξάτμιση και η μεταφορά υγρασίας συνεισφέρουν στις κατακρημνίσεις πάνω από την ξηρά.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά του νερού αναγράφονται στο παρακάτω **Πίνακα 3.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Χημικά Αναγνωριστικά** | |
| Χημικός τύπος | H2O |
| Μοριακή μάζα | 18,0153 ± 0,0004 g/mol |
| **Δομή** | |
| Διπολική ροπή | 1,8546 D |
| Κρυσταλλική δομή στερεού | Εξαγωνική |
| Μήκος δεσμού | 95,84 pm |
| Είδος δεσμού | πολωμένοι ομοιοπολικοί |
| Πόλωση δεσμού | 32% (Η+-Ο-) |
| Γωνία δεσμού | 104,45° |
| Μοριακή γεωμετρία | Επίπεδη γωνιακή |
| **Φυσικές ιδιότητες** | |
| Σημείο τήξης | 0 °C |
| Σημείο βρασμού | 100 °C |
| Κρίσιμη θερμοκρασία | 374,15 °C |
| Κρίσιμη πίεση | 22,12 MPa |
| Πυκνότητα | 1.000 Κg/m³ (υγρό, 4 °C) 917 Κg/m³, (στερεό, 0 °C |
| Ιξώδες | 8,9·10-4 Pa·s |
| Δείκτης διάθλασης | 1,33 (590-690 nm, 20 °C) |
| Τάση ατόμων | 3173 Pa |

**Πίνακας 3:** Χημικά αναγνωριστικά και φυσικές ιδιότητες του νερού.

Αναλύοντας τις φυσικές ιδιότητες του νερού οι οποίες είναι οι πιο κύριες και με τις οποίες θα ασχοληθούμε αργότερα με τις περισσότερες από αυτές:

**Σημείο τήξης:** Τήξη ονομάζεται η φυσική διαδικασία κατά την οποία ένα στερεό υλικό μετατρέπεται σε υγρό, συνήθως με την εφαρμογή θερμότητας ή πίεσης. Αποτελεί μια από τις αλλαγές φάσεων της φυσικής μορφής της ύλης (κατάσταση της ύλης).

Καθώς θερμαίνεται ένα στερεό τα σωματίδια που το συγκροτούν αρχίζουν να ταλαντώνονται όλο και ταχύτερα. Έτσι σιγά σιγά υπερνικούν τις μεταξύ τους ελκτικές δυνάμεις που τα συγκρατούν στις πρότερες θέσεις ισορροπίας τους με αποτέλεσμα το στερεό να λιώνει. Μια καθαρή στερεή ουσία θα λιώσει σε καθορισμένη θερμοκρασία που λέγεται σημείο τήξης ή «θερμοκρασία τήξης».(Ριτζούλης Χ., 2015)

Συνήθως το σημείο τήξης δίνεται σε κανονικές συνθήκες ατμοσφαιρικής πίεσης και είναι το ίδιο με το σημείο πήξης για την ίδια πάντα ουσία.

Κατά τη διάρκεια της τήξης ενός στερεού, η θερμοκρασία μένει σταθερή στη θερμοκρασία τήξης αυτού του υλικού, διότι το υλικό απορροφά θερμότητα για να αλλάξει κατάσταση. Αυτή ονομάζεται λανθάνουσα θερμότητα. Ένα παράδειγμα τήξης είναι τα παγάκια τα οποία λιώνουν και μετατρέπονται σε νερό. Στην περίπτωση αυτή απαιτείται μεγαλύτερο ποσό ενέργειας συγκριτικά με άλλες ενώσεις ώστε τα μόρια να μεταβούν στην κινητή φάση τους στο υγρό από τις συγκεκριμένες θέσεις τους στην στερεή φάση.(Belitz et al., 2015)

**Σημείο βρασμού:** Βρασμός ή ζέση, τόσο στη Φυσική όσο και στη Χημεία, ονομάζεται η μετατροπή της μάζας μιας ποσότητας υγρού σε αέριο. Αποτελεί δε μια από τις αλλαγές φάσεων της φυσικής μορφής της ύλης. Διακρίνεται από την εξάτμιση από το γεγονός ότι στο βρασμό έχουμε δημιουργία φυσαλίδων αερίου σε όλο τον όγκο του υγρού, ενώ στην εξάτμιση έχουμε διαφυγή μορίων του υγρού μόνο από την επιφάνειά του.

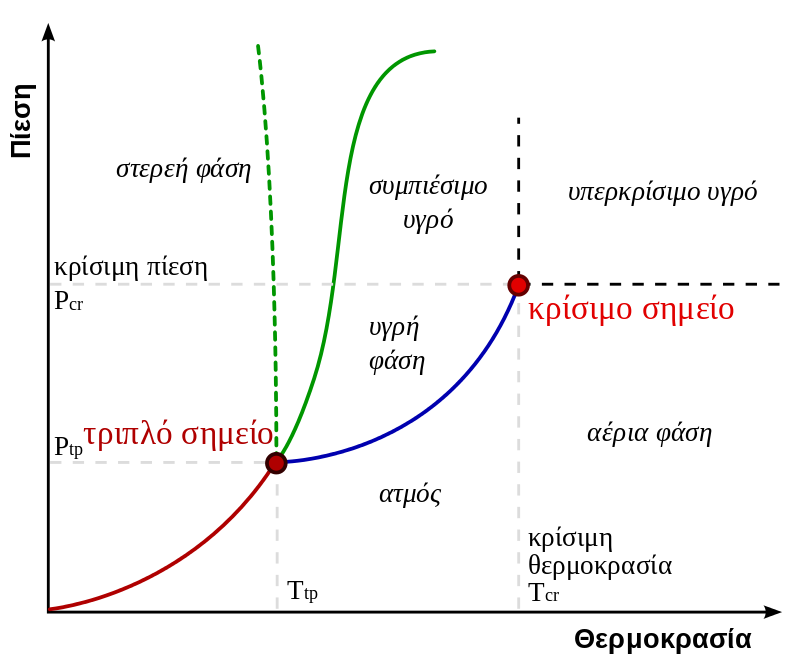
Καθώς θερμαίνεται ένα υγρό τα σωματίδιά του που συγκροτούν αυτό αρχίζουν να ταλαντώνονται όλο και ταχύτερα. Έτσι σιγά σιγά υπερνικούν τις μεταξύ τους ελκτικές δυνάμεις που τα συγκρατούν στις πρότερες θέσεις ισορροπίας τους με αποτέλεσμα το υγρό ν' αρχίζει να βράζει. Η θερμοκρασία στην οποία βράζει μια καθαρή υγρή ουσία λέγεται σημείο βρασμού, ή «θερμοκρασία βρασμού». Συνεπώς κάθε καθαρή ουσία έχει συγκεκριμένο σημείο βρασμού ή σημείο ζέσεως.(Ριτζούλης Χ., 2015)

Το σημείο βρασμού εξαρτάται από την πίεση του αέρα που περιβάλλει το υγρό. Για παράδειγμα το νερό βράζει στους 100°C στο επίπεδο της θάλασσας. Αντίθετα, σε περιοχές με μεγάλο υψόμετρο, όπου εκεί η ατμοσφαιρική πίεση είναι μικρότερη, το «σημείο βρασμού» είναι αισθητά χαμηλότερο. Ο λόγος είναι ότι ο βρασμός αρχίζει να εκδηλώνεται μόλις η τάση των ατμών της θερμαινόμενης ουσίας εξισωθεί με την εξωτερική πίεση, έτσι και στα μεγαλύτερα υψόμετρα έχει να υπερνικήσει χαμηλότερη ατμοσφαιρική πίεση. Για παράδειγμα, στη κορυφή του Έβερεστ όπου η ατμοσφαιρική πίεση είναι 0,35 ατμόσφαιρες, το Σ.Β του νερού είναι μόλις στους 71 °C.(Belitz et al., 2015)

**Κρίσιμη θερμοκρασία και πίεση νερού:** Στη θερμοδυναμική, ένα κρίσιμο σημείο (ή κρίσιμη κατάσταση) είναι το τελικό σημείο μιας καμπύλης ισορροπίας φάσης. Το πιο σημαντικό παράδειγμα είναι το κρίσιμο σημείο υγρού-ατμού, το τελικό σημείο της καμπύλης πίεσης - θερμοκρασίας που υποδεικνύει τις συνθήκες κάτω από τις οποίες ένα υγρό και οι ατμοί του μπορούν να συνυπάρξουν. Στο κρίσιμο σημείο, που ορίζεται από μια κρίσιμη θερμοκρασία Tc και μια κρίσιμη πίεση pc, τα όρια της φάσης (θερμοδυναμική) εξαφανίζονται. Άλλα παραδείγματα συμπεριλαμβάνουν τα κρίσιμα σημεία υγρού-υγρού σε μείγματα.

Η παρακάτω **εικόνα 7** δείχνει σχηματικά ένα διάγραμμα PT μιας καθαρής ουσίας (που αντιπαραβάλλεται προς τα μείγματα, που έχουν πρόσθετες μεταβλητές κατάστασης και πιο πλούσια διαγράμματα φάσης, που εξετάζονται παρακάτω). Οι συνήθως γνωστές φάσεις (θερμοδυναμική) στερεό, υγρό και ατμός διαχωρίζονται από τα όρια φάσης, δηλαδή από συνδυασμούς πίεσης-θερμοκρασίας όπου οι δύο φάσεις μπορεί να συνυπάρξουν. Στο τριπλό σημείο και οι τρεις φάσεις συνυπάρχουν. Όμως, το όριο υγρού-ατμού τελειώνει σε ένα τελικό σημείο σε κάποια κρίσιμη θερμοκρασία Tc και σε κάποια κρίσιμη πίεση pc. Αυτό είναι το κρίσιμο σημείο.(Μήτρακας, 2014)

Στο νερό, το κρίσιμο σημείο συμβαίνει περίπου σε 647 K (374 °C; 705 °F) και 22.064 MPa (3200 PSIA ή 218 atm).(<http://www1.lsbu.ac.uk>)



**Εικόνα 7 :** Το κρίσιμο σημείο υγρού-ατμού σε ένα διάγραμμα φάσεων πίεσης-θερμοκρασίας είναι στο ακρότατο της υψηλής θερμοκρασίας του ορίου φάσης υγρού-αερίου. Η διάστικτη πράσινη γραμμή εμφανίζει την ανώμαλη συμπεριφορά του νερού.

Κοντά στο κρίσιμο σημείο, οι φυσικές ιδιότητες του υγρού και του ατμού αλλάζουν δραματικά, όπου και οι δυο φάσεις γίνονται όλο και πιο όμοιες. Παραδείγματος χάρη, το υγρό νερό κάτω από κανονικές συνθήκες είναι σχεδόν ασυμπίεστο, έχει έναν χαμηλό συντελεστή θερμικής διαστολής, έχει μια υψηλή διηλεκτρική σταθερά και είναι ένας εξαιρετικός διαλύτης για τους ηλεκτρολύτες. Στα πέριξ του κρίσιμου σημείου, όλες αυτές οι ιδιότητες αλλάζουν ακριβώς στο αντίθετο: το νερό γίνεται συμπιεστό, με υψηλό συντελεστή θερμικής διαστολής, πτωχό διηλεκτρικό και κακός διαλύτης για ηλεκτρολύτες και προτιμά να αναμειγνύεται με μη πολικά αέρια και οργανικά μόρια.(Μήτρακας, 2014)

**Πυκνότητα:** Η πυκνότητα του νερού είναι διαφορετική σε διάφορες θερμοκρασίες, με μέγιστη στους 4 °C. Συνέπεια της ύπαρξης δεσμών υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού αποτελούν κάποιες εξαιρετικές ως μοναδικές ιδιότητες, όπως το γεγονός ότι στη στερεή κατάσταση έχει μικρότερη πυκνότητα σε σύγκριση με την υγρή αντίστοιχα. Αυτός είναι και ο λόγος όπου ο πάγος επιπλέει στην υγρή του κατάσταση.

|  |  |
| --- | --- |
| **ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΠΑΓΟΥ** | |
| Θερμοκρασία σε °C | Πυκνότητα (gr/cm³) |
| 100 | 0,9586 |
| 80 | 0,9719 |
| 60 | 0,9833 |
| 40 | 0,9923 |
| 20 | 0,9982 |
| 10 | 0,9997 |
| 5 | 0,9999 |
| 3,98 | 1,0000 |
| 0 (νερό) | 0,9998 |
| 0 (πάγος) | 0,9170 |

**Πίνακας 4**: Πυκνότητες νερού και πάγου σε θερμοκρασίες από 0-100°C.

Από τον πίνακα φαίνεται πως το νερό σε στερεή κατάσταση έχει μικρότερη πυκνότητα απ' ό,τι στην υγρή. Ο όγκος μιας συγκεκριμένης ποσότητας νερού αυξάνεται κατά την ψύξη, γιατί η μοριακή δομή του πάγου στηρίζεται στους δεσμούς υδρογόνου, οι οποίοι συγκρατούν τα μόρια σε θέσεις με αρκετά κενά μεταξύ τους. Η ιδιόρρυθμη αυτή κατάσταση διαρκεί μέχρι τους 4 °C περίπου και έπειτα η συμπεριφορά είναι η γνωστή, όταν η θερμοκρασία αυξάνεται, αυξάνεται και ο όγκος.(Μήτρακας, 2014)

**Διαλυτική ικανότητα:** Πολλές ουσίες διαλύονται στο νερό και γι' αυτό επονομάστηκε «παγκόσμιος διαλύτης» καθώς μπορεί να διαλύει ακόμη και αέρια και ορυκτά. Ενώσεις οι οποίες μπορούν να διαλυθούν μέσα στο μόριο του νερού καλούνται υδρόφιλες, ενώ όσες δε διαλύονται υδρόφοβες (Benjamin, 2015). Εξαιτίας, όμως, αυτής της τεράστιας ικανότητας διάλυσης που διαθέτει, εξαιρετικά σπάνια βρίσκεται στη φύση σε σχετικά καθαρή μορφή και κάποιες ιδιότητες των διαλυμάτων του ή και του φυσικού νερού δεν ταυτίζονται με τις αντίστοιχες της ίδιας της χημικά καθαρής ένωσης. Το καλύτερο παράδειγμα γι' αυτό είναι η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού: Το φυσικό νερό είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού, ενώ το χημικά καθαρό νερό πρακτικά είναι μονωτής.(Μήτρακας, 2014)

**Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)**

Ο προσδιορισμός του ολικού οργανικού άνθρακα είναι μία γρήγορη και άμεση μέθοδος μέτρησης της οργανικής ύλης.

Σε αντίθεση με τη μέτρηση του BOD και COD, η μέτρηση του TOC είναι ανεξάρτητη από το βαθμό οξείδωσης της οργανικής ύλης και δεν μετρούνται ως οργανική ύλη άλλα στοιχεία δεσμευμένα στα οργανικά μόρια, όπως το άζωτο και το υδρογόνο ή ανόργανα στοιχεία, τα οποία συνεισφέρουν στην απαίτηση οξυγόνου που μετριέται με το BOD και COD. Όμως, η μέτρηση του TOC δεν αντικαθιστά τις μετρήσεις του BOD & COD λόγω των διαφορετικών ενδείξεων που δίνουν οι προσδιορισμοί αυτοί.

Ο προσδιορισμός της ποσότητας του οργανικά δεσμευμένου άνθρακα, βασίζεται στην απλοποίηση των οργανικών μορίων και τη μετατροπή τους σε διοξείδιο του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί στη συνέχεια να μετρηθεί ποσοτικά.

Όλες οι μέθοδοι προσδιορισμού του ολικού οργανικού άνθρακα βασίζονται στη μετατροπή του οργανικού άνθρακα σε διοξείδιο του άνθρακα και εν συνεχεία μέτρηση του διοξειδίου του άνθρακα με αναλυτή υπερύθρων, με αναγωγή σε μεθάνιο και μέτρηση του μεθανίου, με ιωνικό ανιχνευτή ή με ογκομέτρηση. (Κατερίνα Ζανάκη, 2001)

**Σκληρότητα**

Όπως είναι γνωστό, τα κυριότερα κατιόντα των φυσικών νερών, αυτά του ασβεστίου και του μαγνησίου σχηματίζουν δυσδιάλυτα άλατα με τον σάπωνα. Η ιδιότητα αυτή αποδόθηκε με τον όρο σκληρότητα του νερού. Την ίδια ιδιότητα έχουν και άλλα κατιόντα, όπως π.χ. του στροντίου, βαρίου, μαγγανίου, σιδήρου, κ.α., τα οποία όμως βρίσκονται σε πολύ μικρότερες συγκεντρώσεις απ’ αυτές του ασβεστίου και του μαγνησίου. Έτσι, επικράτησε ο όρος «σκληρότητα» των φυσικών νερών να αναφέρεται στην συγκέντρωση των δύο αυτών κατιόντων. (Μιμίκου & Μπαλτάς, 2006)

Η παρουσία των κατιόντων στα νερά και ιδιαίτερα του ασβεστίου και μαγνησίου συνδέεται και με την ύπαρξη των ανθρακικών και όξινων ανθρακικών ιόντων. Είναι άλλωστε γνωστό ότι, όταν το νερό θερμανθεί εμφανίζονται αδιάλυτα ανθρακικά άλατα, σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση: Ca(HCO3)2 -> CaCO3 + CO2 + H2O(Belitz et al., 2015)

Σε σχέση με την παρουσία των ανθρακικών ιόντων (HCO3 και CO3) η σκληρότητα του νερού διακρίνεται στα παρακάτω είδη:

1. Ολική σκληρότητα: Είναι η σκληρότητα η οποία οφείλεται σ’ όλα τα κατιόντα που σχηματίζουν ίζημα με τον σάπωνα. Στην πράξη ισούται με το άθροισμα της συγκέντρωσης των κατιόντων ασβεστίου και μαγνησίου.
2. Μόνιμη σκληρότητα: Είναι η σκληρότητα η οποία παραμένει μετά την καταβύθιση των ουδέτερων ανθρακικών αλάτων.
3. Παροδική σκληρότητα: Είναι η σκληρότητα η οποία οφείλεται στα κατιόντα τα οποία απομακρύνονται με το βρασμό του νερού. Ισούται με τη διαφορά ανάμεσα στην ολική και τη μόνιμη. Η παροδική σκληρότητα ονομάζεται και ανθρακική σκληρότητα και είναι ίση με την ανθρακική αλκαλικότητα.

Όλα τα είδη σκληρότητα εκφράζονται σε mg ή ppm CaCO3/L δείγματος, ανεξάρτητα αν αυτή οφείλεται μόνο στο ασβέστιο ή και σε άλλα κατιόντα.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Μονάδες μέτρησης | | |
| Διαβαθμίσεις σκληρότητας | Γερμανικοί βαθμοί (ₒD) | Γαλλικοί βαθμοί (ₒF) | mg/L (ppm) CaCO3 |
| Μαλακό νερό | 3,0 | 3,8 | Μέχρι 50 |
| Μέτρια μαλακό νερό | 3,0 έως 5,56 | 3,8 έως 10 | 50-100 |
| Ελαφρώς σκληρό νερό | 5,56 έως 8,33 | 10 έως 15 | 100-150 |
| Μέτρια σκληρό νερό | 8,33 έως 11,1 | 15 έως 20 | 150-200 |
| Σκληρό νερό | 11,1 έως 16,7 | 20 έως 30 | 200-300 |
| Πολύ σκληρό νερό | Πάνω από 16,7 | Πάνω από 30 | Πάνω από 300 |

**Πίνακας 4:** Η κατηγοριοποίηση της σκληρότητας του νερού ανάλογα με τις μονάδες μέτρησης.([www.eyath.gr](http://www.eyath.gr))

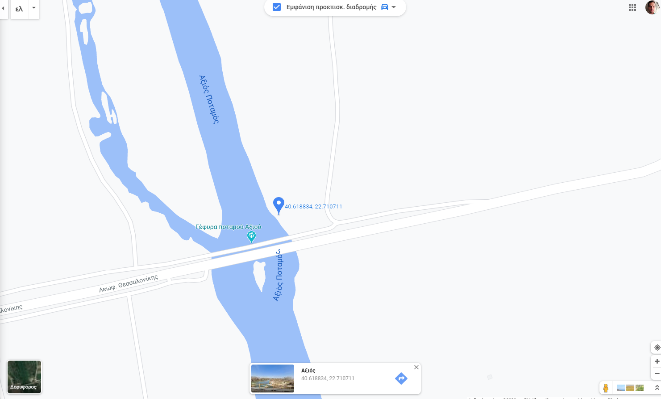
# Σκοπός της Εργασίας

Σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας ήταν η συστηματική παρακολούθηση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών ποιότητας των νερών του ποταμού Αξιού. Η δειγματοληψία και οι μετρήσεις έγιναν σε εβδομαδιαία βάση, από τον Μάρτιο έως τον Μάϊο του 2019. Στα δείγματα έγινε άμεσα προσδιορισμός θερμοκρασίας, pH, αγωγιμότητας, θολερότητας, αλκαλικότητας και διαλυμένου οξυγόνου. Έγινε επίσης προσδιορισμός ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) και ολικών διαλυμένων στερεών (TDS), χλωροφύλλης α, διαλυμένου οργανικού άνθρακα (DOC) και ειδικής απορρόφησης στο υπεριώδες (UV) στα 254nm.

# Μεθοδολογία

## Δειγματοληψίες πεδίου

Όλες οι δειγματοληψίες νερού έγιναν παρόχθια σε συγκεκριμένη θέση του ποταμού Αξιού στην έξοδο του χωριού Χαλάστρα, περιοχή Θεσσαλονίκης (Σχήμα 2). Η δειγματοληψία γινόταν σε εβδομαδιαία βάση μέσα σε περίοδο τριών μηνών (Μάρτιος – Μάϊος 2019). Τα δείγματα, που συνολικά μεταφέρονταν άμεσα στο εργαστήριο, μέσα σε πλαστικό μπιτόνι συνολικής χωρητικότητας πέντε λίτρων, πλυμένο κατάλληλο με αραιό διάλυμα υδροχλωρικού οξέος και απιονισμένο νερό.



**Σχήμα 2:** Η θέση του σημείου δειγματοληψίας στην περιοχή της Χαλάστρας.



## Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία των δειγμάτων μετριόταν επιτόπου στο πεδίο με τη χρήση υδραργυρικού θερμομέτρου. Το θερμόμετρο βυθιζόταν στο μπιτόνι που περιείχε το δείγμα νερού για περίπου 2 λεπτά έως σταθεροποίησης της ένδειξης της θερμοκρασίας.

## Διαλυμένο οξυγόνο

Η σχέση του διαλυμένου οξυγόνου DO ως κύριου δείκτη της γενικής υγείας ενός υδατικού οικοσυστήματος είναι ευρέως αναγνωρισμένος (Correa-Gonzlez et al., 2014) και προστατεύει την υδρόβια ζωή (Sharma et al., 2016). Οι μετρήσεις της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου είναι μεταξύ των πιο σημαντικών παραμέτρων πεδίου και έχουν μετατραπεί σε ρουτίνα σχεδόν σε κάθε υδρόβια έρευνα συμπεριλαμβανομένων των μελετών των θαλάσσιων και χερσαίων υδάτων και των αποβλήτων (Mader et al., 2017).

Η συγκέντρωση οξυγόνου στο νερό επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η ηλιοφάνεια, ο κυματισμός, τα ρεύματα, η περιεκτικότητα σε άλατα και οργανικές ουσίες, το περιεχόμενο σε μικροοργανισμούς κ.ά. Από τους παράγοντες αυτούς, εκείνοι που επηρεάζουν περισσότερο την διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό, είναι η θερμοκρασία (αυξανόμενης της θερμοκρασίας μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντιστρόφως), η αλατότητα (ακριβώς το ίδιο με το παραπάνω) και η πίεση (το ίδιο και πάλι). Έτσι, κάτω από δεδομένες συνθήκες θερμοκρασίας, αλατότητας και πίεσης η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό είναι συγκεκριμένη και εφόσον δεν υπάρχουν άλλοι παράγοντες μπορεί να υπολογιστεί ή να βρεθεί από πίνακες. Η τιμή αυτή, αντιστοιχεί στην τιμή κορεσμού του νερού σε οξυγόνο και αποτελεί μέτρο για την κατάσταση των επιφανειακών υδάτων. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που μπορούν να μειώσουν την περιεκτικότητα του νερού σε οξυγόνο ( σε σχέση με τη τιμή κορεσμού), όπως οι οργανικές ουσίες από λύματα ή απόβλητα που για την αποσύνθεσή τους ( από αερόβιους μ.ο) απαιτούν την κατανάλωση οξυγόνου. Αντίθετα, πρόσδοση οξυγόνου στο νερό γίνεται από τους φωτοσυνθέτοντες οργανισμούς, όπως είναι τα μικροφύκη και τα υδρόβια φυτά, Πολλές φορές μάλιστα, σε συνθήκες ευτροφισμού, παρατηρείται το φαινόμενο, την ημέρα να υπάρχει υπερκορεσμός σε οξυγόνο, ενώ τη νύχτα και ιδιαίτερα τις πρώτες πρωινές ώρες να παρατηρείται σημαντική μείωση του οξυγόνου ( σε σχέση με τη τιμή κορεσμού) που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φθάσει το επίπεδο ανοξίας. Το φαινόμενο αυτό συναντάται ιδιαίτερα σε λίμνες και σε κλειστούς κόλπους.( Ζανάκη, 2001)

Υλικά

* Φιάλες BOD χωρητικότητας 314 και 316mL.
* 2 Κωνικές φιάλες 250 mL.
* Προχοΐδα.
* Πιπέτα.
* Αλουμινόχαρτο.

### Αντιδραστήρια

* Διάλυμα KCr2
* Διάλυμα MnSO4
* Διάλυμα KI/NaOH
* Πυκνό διάλυμα H2SO4
* Δείκτης αμύλου
* Διάλυμα Na2S2O3 0,01 Ν

### Μέθοδος

Η δειγματοληψία νερού που πρόκειται να αναλυθεί για το περιεχόμενό του σε διαλυμένο οξυγόνο γίνεται με δύο ειδικές υάλινες φιάλες (φιάλες BOD) καθορισμένου όγκου, 314mL και 316mL, αντίστοιχα, μέχρι υπερχείλισης. Οι φιάλες έχουν προηγουμένως ξεπλυθεί με διάλυμα χρωμοθειικού οξέος. Κατόπιν, σφραγίζονται αμέσως με τα ειδικά πώματα. Κατά τη δειγματοληψία δίνεται ιδιαίτερη προσοχή ώστε να μην έρχονται τα δείγματα σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα αλλά ούτε και να αναδεύονται γιατί διαταράσσεται έτσι η ισορροπία των αερίων.

Το δείγμα της φιάλης των 314 mL αναλύεται την ημέρα της δειγματοληψίας, ενώ αντίθετα, η φιάλη των 316mL τυλίγεται περιμετρικά με αλουμινόχαρτο ώστε να μην έρχεται σε επαφή με το φως και μπαίνει στη συντήρηση στους 4 0C για να αναλυθεί μετά από 5 μέρες.

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του διαλυμένου οξυγόνου του δείγματος είναι η ιωδομετρική μέθοδος με τιτλοδότηση, γνωστή και ως *μέθοδος Winkler*(Durdevicetal., 2018).

Βασίζεται στη χημική δέσμευση του οξυγόνου και προσδιορισμό στη συνέχεια με ογκομέτρηση, του δεσμευμένου οξυγόνου. Η διαδικασία αναλύεται παρακάτω:

* Με τη χρήση πιπέτας ρίχνουμε μέσα στα τοιχώματα της φιάλης 1 ml διαλύματος MnSO4 και 1 mL διαλύματος KI/NaOH ώστε να δημιουργηθεί δισθενές υδροξείδιο του μαγγανίου παρουσία του ισχυρού αλκαλίου. Το διαλυμένο οξυγόνο οξειδώνει ισοδύναμη ποσότητα υδροξειδίου του μαγγανίου προς υδροξείδιο ανωτέρου σθένους (Ζανάκη, 2001).
* Ακολουθεί προσθήκη 1 mL πυκνού διαλύματος H2SO4. Σε όξινο περιβάλλον, και παρουσία ιωδιούχων, η οξειδωμένη μορφή του μαγγανίου επανέρχεται στη δισθενή τη μορφή, με την απελευθέρωση ιωδίου ισοδύναμου με την περιεκτικότητα του δείγματος σε διαλυμένο οξυγόνο (Ζανάκη, 2001).
* Στη συνέχεια, 50 mL από τη φιάλη μεταφέρονται σε κωνική των 250 mL.
* Προστίθενται 3-5 σταγόνες δείκτη αμύλου.
* Ακολουθεί τιτλοδότηση του ιωδίου με πρότυπο διάλυμα Na2S2O3 κανονικότητας 0,01 Ν, αφού προηγουμένως έχει σημειωθεί ο όγκος της προχοΐδας.
* Το πέρας της τιτλοδότησης γίνεται εμφανές με τον αποχρωματισμό του δείγματος λόγω του δείκτη αμύλου που έχει προστεθεί. Σημειώνεται πάλι ο όγκος της προχοΐδας.
* Η διαδικασία της τιτλοδότησης επαναλαμβάνεται εκ νέου σε άλλα 50 mL δείγματος προκειμένου να ληφθεί ο μέσος όρος των δύο μετρήσεων.

Ο υπολογισμός του διαλυμένου οξυγόνου (DO0) γίνεται από τη **Σχέση**:

mg O2/L =

όπου:

* V: ο όγκος του διαλύματος Na2S2O3 που καταναλώθηκε κατά την τιτλοδότηση. Προκύπτει από το μ.ο. των δύο επαναλήψεων, με την αφαίρεση κάθε φορά του αρχικού όγκου από τον τελικό (mL).
* Ν: Η κανονικότητα του διαλύματος Na2S2O3 ίση με 0,001 Ν.
* VS: Ο όγκος του δείγματος που τιτλοδοτήθηκε, δηλαδή 50 mL.
* Β: Το απόβαρο της εκάστοτε φιάλης που περιείχε το δείγμα, 274,47 και 314,49 mL, αντίστοιχα.

## Βιοχημικά Απαιτούμενο ΟξυγόνοBOD₅

Ο προσδιορισμός του BOD γίνεται μετά από 5 μέρες από την ημέρα της δειγματοληψίας στη φιάλη BOD με χωρητικότητα 316mL η οποία είχε τυλιχθεί με αλουμινόχαρτο και διατηρηθεί σε σταθερή θερμοκρασία στους 20οC.

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η ίδια ακριβώς με τον προσδιορισμό του διαλυμένου οξυγόνου της πρώτης μέρας στη φιάλη BOD των 314 mL, δηλαδή με τη μέθοδο Winkler.

Με τον υπολογισμό του διαλυμένου οξυγόνου του δείγματος (DO1) ακολουθεί ο υπολογισμός του BOD5 από τη Σχέση:

BOD5 (mg/L) = DO0 – DO1

όπου:

* DO0: Η τιμή του διαλυμένου οξυγόνου(mgO2/L) την ημέρα της δειγματοληψίας.
* DO1: Η τιμή του διαλυμένου οξυγόνου (mgO2/L) μετά από 5 μέρες επώασης στους 20οC.

## Στερεά

Η παρουσία στερεών ουσιών (διαλυμένων ή αδιάλυτων), διαμορφώνει παραμέτρους που επηρεάζουν την χρήση των νερών και τη διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Οι κυριότερες παράμετροι που έχουν σχέση με τις στερεές ουσίες είναι:

### Ολικά στερεά

Η παράμετρος αυτή αναφέρεται στο σύνολο των στερεών ουσιών που υπάρχουν σ’ ένα δείγμα νερού. Για το σκοπό αυτό ορισμένος όγκος του δείγματος, όπως έχει, εξατμίζεται σε προ ζυγισμένη κάψα λευκόχρυσου σε θερμοκρασία 102-105°C. Η εξάτμιση γίνεται συνήθως σε ατμόλουτρο. Η διαφορά βάρους της κάψας, μετά την ξήρανση, αντιστοιχεί στο σύνολο των στερεών ουσιών. Ο προσδιορισμός των ολικών στερεών επηρεάζεται από την παρουσία υγροσκοπικών αλάτων, για το λόγο αυτό λαμβάνονται προφυλάξεις για την ξήρανση και τη ζύγιση. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/L δείγματος. Αν πυρώσουμε την κάψα στους 550±50°C για 1 ώρα διαχωρίζουμε τα ολικά στερεά σε πτητικά και ανόργανα. Η διαδικασία αυτή παρουσιάζει ενδιαφέρον στον έλεγχο των βιομηχανικών αποβλήτων.

### Ολικά διαλυμένα στερεά

Ο προσδιορισμός των διαλυμένων στερεών (TDS) γίνεται σε δείγμα το οποίο έχει διηθηθεί με φίλτρο Gfc 1,2 μm, έτσι ώστε να απομακρυνθούν όλα τα αδιάλυτα στερεά υλικά. Το διήθημα εξατμίζεται σε προ ζυγισμένο ποτήρι ζέσεως σε θερμοκρασία 102-105°C. Η εξάτμιση γίνεται συνήθως σε ατμόλουτρο. Η διαφορά βάρους του ποτηριού μετά και την ξήρανση στους 180°C αντιστοιχεί στο σύνολο των διαλυμένων στερεών. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/L δείγματος. Η παράμετρος αυτή χρησιμοποιείται, κυρίως, στην αξιολόγηση της ποιότητας του πόσιμου νερού με ανώτατη επιτρεπτή τιμή 1500mg/L. Συνήθως όμως, οι τιμές του πόσιμου νερού κυμαίνονται στα 300-400mg/L. Ακόμη, η παράμετρος αυτή χρησιμοποιείται στον υπολογισμό του pH.(Θ. Κουϊμτζή, Κ. Σαμαρά, 1994)

Υλικά

* Προ ζυγισμένο ποτήρι ζέσεως.
* Φούρνος ξήρανσης.
* Ζυγαριά ακριβείας.

Μέθοδος

Σε προ ζυγισμένο ποτήρι ζέσεως με ακρίβεια τεσσάρων δεκαδικών μονάδων προσθέτουμε 100mlποσότητα δείγματος και το τοποθετούμε σε φούρνο ξήρανσης 102-105°C ώστε να εξατμιστεί η ποσότητα νερού που περιέχει. Με το πέρας 5 ημερών και εφ’ όσον δεν υπάρχει δείγμα ή υγρασία στο ποτήρι, ζυγίζουμε το απόβαρο και έτσι παίρνουμε την διαφορά του βάρους του σε μg/L.

### Καθιζάνοντα στερεά

Η παράμετρος αυτή αναφέρεται στα στερεά τα οποία καθιζάνουν από μόνα τους. Ο προσδιορισμός τους και η έκφραση των αποτελεσμάτων τους γίνεται με δύο διαφορετικούς τρόπους:

1. **Ογκομετρικός προσδιορισμός**

Για το σκοπό αυτό το δείγμα αναδεύεται και μεταφέρεται σε ειδική φιάλη Imhoff μέχρι τη χαραγή 1L. Αφήνονται να κατακαθίσουν τα στερεά μέχρι 45 λεπτά με ταυτόχρονη ελαφριά ανάδευση. Στη συνέχεια, αφήνονται για ακόμη 15 λεπτά. Κατόπιν καταγράφεται ο όγκος των στερεών και εκφράζεται ως ml/L δείγματος.

1. **Σταθμικός προσδιορισμός**

Το σύνολο των αιωρούμενων και των καθιζανόντων στερεών προσδιορίζεται με διήθηση, ξήρανση και ζύγιση. Η διαφορά ανάμεσα στο σύνολο των στερεών και των αιωρούμενων μας δίνει τα καθιζάνοντα στερεά. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/L δείγματος. Η παράμετρος αυτή χρησιμοποιείται πάρα πολύ στο σχεδιασμό και την αξιολόγηση των δεξαμενών καθίζησης.

### Αιωρούμενα στερεά

Η παράμετρος αυτή αναφέρεται στα στερεά υλικά, που αιωρούνται στο νερό, επειδή βρίσκονται σε πολύ λεπτό διαμερισμό. Αποτελούνται από υλικά ανόργανης και οργανικής προέλευσης. Ο διαχωρισμός και στη συνέχεια ο προσδιορισμός τους γίνεται μέσα από ακατάλληλη διήθηση. Έχει επικρατήσει διεθνώς, η διήθηση αυτή να γίνεται με φίλτρα Gfc διαμέτρου πόρων 1,2μm. Η διήθηση γίνεται με την βοήθεια αντλίας που δημιουργεί κενό. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/L δείγματος. Η παράμετρος των αιωρούμενων σωματιδίων είναι καθοριστική στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων. Έτσι, π.χ., αποτελεί μέτρο ελέγχου του βαθμού απόδοσης των μονάδων επεξεργασίας αστικών λυμάτων και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων. Επίσης, στις περισσότερες νομοθεσίες διάθεσης υγρών αποβλήτων τίθεται ανώτατη επιτρεπτή τιμή για τα αιωρούμενα σωματίδια.(Θ. Κουϊμτζή, Κ. Σαμαρά, 1994)

### Υλικά

* Φίλτρα GF/C 1.2μM
* Αλουμινόχαρτο
* Τσιμπίδα
* Κυλινδρικό πλαστικό δοχείο
* Ογκομετρικός σωλήνας 100mL
* Συσκευή διήθησης
* Ξηραντήρας
* Αναλυτικός ζυγός
* Φούρνος

### Αρχή μεθόδου

Η αρχή της μεθόδου για τα Ολικά Αιωρούμενα Στερεά TSS (Total Suspended Solids) στηρίζεται στην ξήρανση του φίλτρου στους 103-105 οCμέχρι σταθερού βάρους.

### Μέθοδος

* Φίλτρα

Γίνεται προετοιμασία 9 φίλτρων GF/C με μέγεθος πόρων 1,2μm. Τα φίλτρα μπαίνουν πάνω σε αλουμινόχαρτο σε φούρνο σε θερμοκρασία 103-105 οC ώστε να απαλλαχθούν από την υγρασία έως σταθερού βάρους. Μόλις βγουν μπαίνουν μέσα σε ξηραντήρα προσεχτικά με τη βοήθεια μιας τσιμπίδας ώστε να μην απορροφήσουν υγρασία και ζυγίζονται στον αναλυτικό ζυγό με ακρίβεια 4 δεκαδικών που βρίσκεται στο παρασκευαστήριο του Βιομηχανικού Εργαστηρίου του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων. Αφού καταγραφεί το απόβαρο, κάθε φίλτρο τυλίγεται σε αλουμινόχαρτο και φυλάσσεται σε κλειστό, κυλινδρικό, πλαστικό δοχείο μέχρι να χρησιμοποιηθεί.

* Δείγματα

1. Με τη βοήθεια ογκομετρικού σωλήνα μετράμε 1L δείγματος νερού.
2. Συνδέουμε την αντλία με τη συσκευή διήθησης, τοποθετούμε ένα από τα φίλτρα στο πάνω μέρος αυτής και μόλις αρχίσουμε να ρίχνουμε δείγμα θέτουμε σε λειτουργία την αντλία για να δημιουργηθεί κενό.
3. Με το πέρας της διήθησης κλείνουμε την αντλία.
4. Απομακρύνουμε το φίλτρο προσεχτικά με τη βοήθεια τσιμπίδας ώστε να μην ακουμπήσουμε το υπόλειμμά του και το τοποθετούμε πάνω σε αλουμινόχαρτο.
5. Αυτό στη συνέχεια μπαίνει σε φούρνο στους 103-105 οC ώστε να εξατμιστεί η υγρασία και να αποκτήσει σταθερό βάρος.
6. Όταν γίνει αυτό, πάλι με τη βοήθεια τσιμπίδας βγαίνει από το φούρνο, μπαίνει μέσα σε ξηραντήρα και καταγράφεται το μεικτό βάρος του από την ένδειξη του αναλυτικού ζυγού.

Η συγκέντρωση των TSS υπολογίζεται από τη Σχέση με αναγωγή στο L.

όπου:

* Β1: Το απόβαρο του φίλτρου σε gr.
* B2: Το μεικτό βάρος ου φίλτρου με το υπόλειμμα σε gr.
* V: Ο όγκος του δείγματος που διηθήθηκε σε L.

## pH

Το pH των δειγμάτων μετριόταν τη μέρα της δειγματοληψίας με τη χρήση του πεχαμέτρου που βρίσκεται στο Ερευνητικό Εργαστήριο του τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων. Ποσότητα δείγματος μεταφερόταν μέσα σε πλαστικό δοχείο προκειμένου να μετρηθεί το pH του.

Υλικά

* Πλαστικό δοχείο
* Πεχάμετρο
* Υδροβολέας με απιονισμένο νερό
* Buffer με pH 7 καιbuffer με pH 4

Σημαντικό πριν από κάθε μέτρηση ήταν το καλιμπράρισμα του οργάνου. Η διαδικασία είχε ως εξής:

* Άνοιγμα πεχαμέτρου.
* Πατάμε την ένδειξη CAL.
* Ξέπλυμα ηλεκτροδίων με απιονισμένο νερό.
* Βύθιση των ηλεκτροδίων σε ρυθμιστικό διάλυμα με pH 7.
* Εάν δεχτούμε την τιμή ξεπλένουμε τα ηλεκτρόδια με απιονισμένο νερό .
* Βύθιση εκ νέου σε ρυθμιστικό διάλυμα με pH 4.
* Εάν δεχτούμε την τιμή, ξεπλένουμε πάλι τα ηλεκτρόδια με απιονισμένο νερό.
* Πατάμε την ένδειξη MEASURE και βυθίζουμε τα ηλεκτρόδια στο δείγμα υπό συνεχή ανάδευση μέχρι να σταθεροποιηθεί η τιμή. Τέλος, καταγράφεται η τιμή και η αντίστοιχη θερμοκρασία, όπως αναγράφονται στο όργανο.
* Ξέπλυμα των ηλεκτροδίων με απονισμένο νερό και κλείσιμο του πεχαμέτρου .
* Τα ηλεκτρόδια βυθίζονται μέσα σε διάλυμα.



## Ειδική απορρόφηση στο υπεριώδες SUVA 254nm

Υλικά

* Υδροβολέας με απιονισμένο νερό
* 2 κυψελίδες χαλαζία

Αρχή μεθόδου

Ακτινοβολία στην περιοχή μηκών κύματος 200-700 nm διέρχεται από το διάλυμα της ένωσης. Τα ηλεκτρόνια των δεσμών του μορίου απορροφούν ορισμένη από την ενέργεια της ακτινοβολίας που διέρχεται από το διάλυμα και διεγείρονται σε υψηλότερες κβαντικές καταστάσεις. Όσο ασθενέστερα συγκρατούνται τα ηλεκτρόνια εντός των δεσμών του μορίου, τόσο μεγαλύτερο είναι το μήκος κύματος της απορροφούμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (μικρότερη ενέργεια) (Watson, D.G., 2015).

Μέθοδος

Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε το φασματοφωτόμετρο που βρίσκεται στο εργαστήριο Ανάλυσης Τροφίμων του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων.

Ανοίγουμε το φασματοφωτόμετρο και περιμένουμε μέχρι να κάνει όλους τους ελέγχους και να μας μεταφέρει στο αρχικό MENU.

Ρυθμίζουμε το μήκος κύματος λ στα 254 nm.

Στη μία κυψελίδα γεμίζουμε με απιονισμένο νερό και την τοποθετούμε στην ειδική θέση.

Πατάμε ZEROBASE ώστε να μηδενίσει.

Αφού η ένδειξη δείξει 0,000 Α βγάζουμε την κυψελίδα.

Στη δεύτερη κυψελίδα, ξεπλένουμε με απιονισμένο νερό, κατόπιν με το προς ανάλυση δείγμα νερού και έπειτα γεμίζουμε με το δείγμα και την τοποθετούμε στην ειδική θέση.

Περιμένουμε να σταθεροποιηθεί η ένδειξη στην οθόνη και καταγράφουμε την τιμή.

Αφαιρούμε την κυψελίδα και την ξεπλένουμε με απιονισμένο.

Κλείνουμε το φασματοφωτόμετρο.

Τα αποτελέσματα του SUVA254υπολογίζονται από τη Σχέση:

SUVA254=

Όπου,

UV254: Η απορρόφηση στο υπεριώδες στα 254 nm.

DOC: Η τιμή του περιεχόμενου Διαλυτού Οργανικού Άνθρακα του δείγματος σε mg/L.



## Χλωροφύλλη

Η χλωροφύλλη α είναι ένας από τους πιο διαδεδομένους δείκτες για τον καθορισμό της τροφικής κατάστασης ενός υδάτινου αποδέκτη. Η χλωροφύλλη **α** αποτελεί, κυρίως, το δείκτη της φυτοπλακτονικής βιομάζας. Τα φυτοπλακτονικά άλγη περιέχουν περίπου 1% χλωροφύλλη **α** επί ξηρού δείγματος. Περιέχουν και άλλες χρωστικές, όπως χλωροφύλλη b και c, ξανθοφύλλες και καροτίνια. Η παρουσία ή η απουσία των διαφόρων χρωστικών στα άλγη αποτελεί και ένδειξη για την ταξινόμηση των διαφόρων ειδών.

Προσδιορισμός της χλωροφύλλης α: Η χλωροφύλλη α προσδιορίζεται φασματοφωτομετρικά και φθορισμομετρικά. Η πρώτη μέθοδος είναι πιο απλή ενώ η δεύτερη πιο ευαίσθητη. Παρακάτω θα γίνει περιγραφή της φασματοφωτομετρικής μεθόδου.

Αρχή της μεθόδου: το υδάτινο δείγμα διηθείται και η βιομάζα του φυτοπλαγκτού εκχυλίζεται με ακετόνη 90%. Η απορρόφηση του ακετονικού διαλύματος σε καθορισμένα μήκη κύματος αποτελεί την βάση για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης στο νερό. Η συγκέντρωση εκφράζεται σε μg/L. Το υδάτινο δείγμα μπορεί να διατηρηθεί για 15 ημέρες σε σκοτεινά δοχεία στους 4°C. Οι ηθμοί με τη φυτοπλακτονική βιομάζα μπορούν να διατηρηθούν στην κατάψυξη για 3 εβδομάδες.

Εκχύλιση των χρωστικών: Το δείγμα νερού διηθείται από ηθμό fiberglass 0,45 μm. Ο ηθμός μαζί με το φυτοπλαγκτόν τοποθετούνται σε φιαλίδιο στο οποίο προσθέτουμε 5 ml ακετόνης 90% και τοποθετείται στο ψυγείο στους 4°C για 5 ημέρες, ώστε να γίνει η εκχύλιση. Κατόπιν, το ακετονικό εκχύλισμα των χρωστικών φωτομετρείται σε διάφορα μήκη κύματος σύμφωνα με τα παρακάτω.(Θ. Κουϊμτζής, Κ. Σαμαρά, 1994)

### Υλικά

* Συσκευή διήθησης
* Ογκομετρικός σωλήνας 100mL.
* Φυγοκεντρική αντλία
* Membranenyl on filters, μέγεθος πόρων 0,45 μm
* Λαβίδα
* Δοκιμαστικός σωλήνας
* ΦασματοφωτόμετροUV-Vis
* 3 κυψελίδες υάλου
* Σιφώνιο μετρήσεως 5 mL

### Αντιδραστήρια

Διάλυμα ακετόνης 90%

Για την παρασκευή του διαλύματος, υπολογίζεται η ποσότητα του νερού που πρέπει να προστεθεί σε 50 mL ακετόνης ως εξής:

Σε 45 mL ακετόνης περιέχονται 5 mL νερό

Σε 50 mL ακετόνης προστίθενται xmL νερό →x = 5.5 mL νερό πρέπει να προστεθούν.

### Μέθοδος

* Η μέθοδος βασίζεται στους Parsons et al., 1984, που πραγματοποίησαν πειράματα για τη χλωροφύλλη σε θαλασσινό νερό.
* Προετοιμασία της συσκευής διήθησης. Τοποθέτηση του φίλτρου, του δοχείου διήθησης και συγκράτηση αυτού με την ειδική λαβίδα. Κατόπιν, συνδέεται με την αντλία.
* Διήθηση 270 mL δείγματος νερού με ογκομετρικό σωλήνα και ταυτόχρονα ανοίγει η αντλία για να δημιουργηθεί το κενό.
* Με το πέρας της διήθησης, κλείνει η αντλία.
* Με τη βοήθεια της λαβίδας, το φίλτρο διπλώνεται προσεχτικά από τα άκρα ώστε να μην ακουμπήσει το υπόλειμμα και μεταφέρεται μέσα στο δοκιμαστικό σωλήνα.
* Προσθήκη 5 mL διαλύματος ακετόνης 90%. Η μέθοδος χρησιμοποιεί ακετόνη καθώς η χλωροφύλλη διαλύεται μόνο σε οργανικό διαλύτη. Με τη λαβίδα πιέζουμε το φίλτρο, ώστε να βοηθήσουμε το περιεχόμενο να διαλυθεί. Το φίλτρο μπορεί να περιέχει και πολλά ανόργανα αιωρούμενα στερεά ωστόσο στον οργανικό διαλύτη αυτά δε θα διαλυθούν.
* Συντήρηση του δείγματος στους 4 οC για τουλάχιστον 12 h.

Η μέτρηση της χλωροφύλλης γίνεται μετά από 5 ημέρες σε φασματοφωτόμετροUV-Vis διπλής δέσμης.

### Αρχή μεθόδου της απορρόφησης στο UV-Vis

Είναι η ίδια που περιγράφηκε με την Αρχή μεθόδου στο Ειδική απορρόφηση στο υπεριώδες SUVA254.

Προσδιορισμός χλωροφυλλών a, b και c: Μεταφέρουμε το ακετονικό εκχύλισμα σε κυψελίδα του 1cm και μετρούμε την απορρόφηση του διαλύματος στα μήκη κύματος: 750, 664, 647 και 630nm.(Αν η απορρόφηση στα 664nm είναι μικρότερη από 0,1 τότε χρησιμοποιούμε κυψελίδα με μεγαλύτερο πάχος. Αν είναι μεγαλύτερη από 1,0 τότε αραιώνουμε το διάλυμα με ακετόνη 90%). Ως διάλυμα αναφοράς χρησιμοποιούμε ακετόνη 90%. Η απορρόφηση Α750 αντιστοιχεί στη διόρθωση της θολερότητας και αφαιρείται από τις απορροφήσεις στα υπόλοιπα τρία μήκη κύματος, δηλαδή:

Ά664= Α664- Α750

Ά647= Α647- Α750

Ά630= Α630- Α750

Με βάση τις διορθωμένες τιμές απορρόφησης υπολογίζονται οι συγκεντρώσεις των τριών χλωροφυλλών στο εκχύλισμα από τις σχέσεις:

Ca, mg/L = 11,85\* Ά664- 1,54\* Ά647- 0,08\* Ά630

Cb, mg/L = 21,03\* Ά647- 5,43\* Ά664- 2,66\* Ά630

Cc, mg/L = 24,52\* Ά630- 7,6\* Ά647- 1,67\* Ά664

Τελικά η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α υπολογίζεται από τη Σχέση:

Χλωροφύλλη **α**mg/m³ =

Όπου,

V1: ο όγκος του εκχυλίσματος

V2: ο όγκος του δείγματος σε m³ (Θ. Κουϊμτζής, Κ. Σαμαρά, 1994).

## Θολερότητα

Η θολερότητα του νερού είναι μια καθοριστική παράμετρος που περιορίζει τις χρήσεις του. Αντίθετα, η διαύγεια είναι απαραίτητη τόσο για το πόσιμο νερό όσο και για τις περισσότερες βιομηχανικές χρήσεις π.χ. στη βιομηχανία ποτών, αναψυκτικών, τροφίμων, κ.α. Για τους λόγους αυτούς η θολερότητα είναι μια βασική παράμετρος ελέγχου της ποιότητας και του βαθμού ρύπανσης των νερών.

Η θολερότητα οφείλεται στην παρουσία αιωρούμενων σωματιδίων, τα οποία προέρχονται από οργανικές, ή ανόργανες ενώσεις και από φυτικούς ή ζωϊκούς μικροοργανισμούς, π.χ. σωματίδια ιλύος, υδροξειδίων σιδήρου και αργιλίου, διοξειδίου του πυριτίου, πλαγκτού, κ.α.

Ο ποσοτικός προσδιορισμός της θολερότητας βασίζεται στο σκεδασμό του φωτός, από τα αιωρούμενα σωματίδια. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του σκεδαζόμενου φωτός, τόσο πιο μεγάλη είναι η τιμή της θολερότητας (αρχή της νεφελομετρίας). Ο νεφελομετρικός προσδιορισμός της θολερότητας είναι προτιμότερος από τον αντίστοιχο θολερομετρικό.

Η βαθμονόμηση των οργάνων (νεφελόμετρα) που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της θολερότητας γίνεται με πρότυπα διαλύματα διαφόρων αιωρημάτων όπως φορμαζίνης, στυρολοδιβινυλοβενζολίου, διοξειδίου του πυριτίου κ.α. Στις περιπτώσεις αυτές η θολερότητα εκφράζεται σε μονάδες N.T.U.(Nephelometric Turbidity Units).( Θ. Κουϊμτζής, Κ. Σαμαρά, 1994)

Αρχή της μεθόδου

Νεφελομετρικός προσδιορισμός. Σύγκριση της έντασης του σκεδαζόμενου φωτός από το εξεταζόμενο δείγμα σε σύγκριση με πρότυπα δείγματα αιωρημάτων γνωστής θολερότητας.

Εκτέλεση προσδιορισμού

Σταντάρουμε το θολερόμετρο με τα 3 δείγματα γνωστής θολερότητας που μας έχουν αποσταλεί μαζί με το όργανο. Στη συνέχεια μετράμε στο νεφελόμετρο την ένταση του σκεδαζόμενου φωτός και κατασκευάζουμε την καμπύλη αναφοράς. Οι μετρήσεις γίνονται στα 450 nm. Στη συνέχεια, μετράμε την ένταση του δείγματος και εξετάζουμε και συγκρίνουμε την τιμή με αυτές της καμπύλης αναφοράς.

Παρατηρήσεις

Ο προσδιορισμός της θολερότητας πρέπει να γίνεται αμέσως μετά την δειγματοληψία. Στην αντίθετη περίπτωση το δείγμα τοποθετείται σε σκοτεινή φιάλη και σε χαμηλή θερμοκρασία, μεταφέρεται στο εργαστήριο και μέσα σε ένα 24ωρο προσδιορίζεται η θολερότητα.

Αξιολόγηση των αποτελεσμάτων

Μεγάλες τιμές θολερότητας NTU>10 καθιστούν το νερό ακατάλληλο για πόση. Στο θαλασσινό νερό και στο νερό των λιμνών η εμφάνιση υψηλών τιμών θολερότητας αποτελεί ένδειξη αυξημένου ευτροφισμού. Από την άλλη μεριά, η αυξημένη θολερότητα (μικρή διαφάνεια) περιορίζει τη διείσδυση του φωτός με αποτέλεσμα τον περιορισμό της φωτοσύνθεσης.

## Αλκαλικότητα νερού

Αλκαλικότητα είναι η ικανότητα ενός διαλύματος να εξουδετερώνει οξέα. Αντίστοιχα οξύτητα είναι η ικανότητα ενός διαλύματος να εξουδετερώνει βάσεις. Στη περίπτωση νερού που περιέχει μόνο διαλυμένο CO2 οι συγκεντρώσεις των ενώσεων που επηρεάζουν την ολική αλκαλικότητα του νερού είναι οι ακόλουθες:

Υδροξυλιόν [ΟΗ-]

Ανθρακική ρίζα [CO3-2]

Όξινη ανθρακική ρίζα [HCO3-]

Πρωτόνια [Η+]

Σε αυτή τη περίπτωση η ολική αλκαλικότητα του νερού σε ισοδύναμα/L δίνεται ως ακολούθως:

[Αlk] = [OH-] + 2 [CO3-] + [HCO3-] – [H+]

όπου [OH-], [CO3-], [HCO3-], [H+] σε mole/L

Άλλες βάσεις όπως των φωσφορικών, αμμωνίας, κ.α. συντελούν στην αλκαλικότητα ενός διαλύματος αλλά συνήθως στα φυσικά νερά είναι σε πολύ χαμηλότερες συγκεντρώσεις σε σχέση με το ανθρακικό σύστημα.

Αντίστοιχα με την αλκαλικότητα ορίζεται η ολική οξύτητα σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

η ολική οξύτητα = - ολική αλκαλικότητα

[Oλική οξύτητα] = [H+] - [OH-] + 2 [CO3-] + [HCO3-]

Η αλκαλικότητα ενός δείγματος νερού προσδιορίζεται με την αργή προσθήκη ενός διαλύματος ισχυρού οξέος παρατηρώντας τη μεταβολή του pH.(Θ. Κουϊμτζή, Κ. Σαμαρά, 1994)

Με τον όρο αλκαλικότητα εννοούμε την ικανότητα του νερού να εξουδετερώνει μια ποσότητα υδρονοκατιόντων. Η αλκαλικότητα αυτή οφείλεται:

* Στο διοξείδιο του άνθρακα που βρίσκεται με τις μορφές HCO3 και CO3.
* Στην παρουσία άλλων ασθενών ή ισχυρών βάσεων, οργανικών ή ανόργανων, π.χ. NaOH, NH4OH, αμίνες, κ.α.
* Στην παρουσία άλλων ιόντων που δρούν ως δέκτες πρωτονίων, π.χ. PO4.

Η αλκαλικότητα προσδιορίζεται ογκομετρικά με ένα ισχυρό οξύ, π.χ. H2SO4ή HCl. Η τιμή της αλκαλικότητας εξαρτάται και από το pH του τελικού σημείου της ογκομέτρησης και εκφράζεται σε mgCaCO3/L διαλύματος. Με βάση κυρίως τις τιμές των σταθερών διάστασης του [H2CO3] έχουν διαμορφωθεί δύο ειδών αλκαλικότητες των νερών.(Brezonic & Arnold, 2011)

1. Ολική αλκαλικότητα: Η αλκαλικότητα αυτή αντιστοιχεί στην ποσότητα του ισχυρού οξέος που απαιτείται για την εξουδετέρωσή της μέχρι το pH 4.5 όπου αλλάζει χρώμα ο δείκτης πράσινο της βρωμοκρεσόλης (ή 3.7 όπου αλλάζει χρώμα ο δείκτης ηλιανθίνη). Η ολική αλκαλικότητα οφείλεται στην παρουσία όλων των συστατικών που δρούν ως δέκτες πρωτονίων.
2. Αλκαλικότητα φαινολοφθαλεϊνης: Η αλκαλικότητα αυτή αντιστοιχεί στην ποσότητα του ισχυρού οξέος που απαιτείται για την εξουδετέρωση της μέχρι το pH 8.3 όπου αλλάζει χρώμα ο δείκτης φαινολοφθαλεϊνη. Η αλκαλικότητα φαινολοφθαλεϊνης οφείλεται στην παρουσία ιόντων CO3 και ισχυρών βάσεων.(Θ. Κουϊμτζή, Κ. Σαμαρά, 1994)

Υλικά

* 2 κωνικές φιάλες 250 ml.
* Ογκομετρικός σωλήνας 100 ml.

Αντιδραστήρια

* Δείκτης φαινολοφθαλεϊνης.
* Δείκτης ηλιανθίνης.
* HCl 0,1N.

Μέθοδος

Για την μέτρηση της αλκαλικότητας του νερού γεμίζουμε τις 2 κωνικές φιάλες με 100 mlαπό το δείγμα του ποταμού στην κάθε μια και προσθέτουμε 3 σταγόνες δείκτη φαινολοφθαλεϊνης στην μια και την ίδια ποσότητα ηλιανθίνης στην άλλη. Αφού παρατηρήσουμε ποια από τις 2 κωνικές φιάλες θα αλλάξει χρώμα (θα χρωματιστεί), κάνουμε ογκομέτρηση με HCl 0,1N μέχρι τον πλήρη αποχρωματισμό του δείγματος. Τα ml του HCl που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και ο δείκτης που χρωμάτισε το δείγμα, μας δείχνουν την αλκαλικότητα του νερού.

Πειραματική διαδικασία

Μεταφέρουμε από 100 mL δείγματος, χωρίς τη δημιουργία φυσσαλίδων σε δύο κωνικές φιάλες. Στη μία προσθέτουμε 2-3 σταγόνες δείκτη ηλιανθίνης και στη δεύτερη 2-3 σταγόνες φαινολοφθαλεϊνης. Αν το δείγμα με τη φαινολοφθαλεϊνη χρωματισθεί ιώδες ή ροζ, ογκομετρούμε με HCL 0.1 Ν μέχρι να αποχρωματισθεί. Τα mL που καταναλώθηκαν αντιστοιχούν στην αλκαλικότητα της φαινολοφθαλεϊνης και υπολογίζεται ως εξής:

Αλκαλικ*ό*τητα σε mgCaCO3L=N∗V (HCl)V (δείγματος)

Όπου VHClτα mL του HCL που καταναλώθηκαν.

Η αλκαλικότητα αυτή οφείλεται στα ιόντα ΟΗ- και CO3-2 που δίνουν ισχυρά αλκαλικό χαρακτήρα στο δείγμα.

Αν όμως το δείγμα είναι άχρωμο, τότε περιέχει μόνο HCO3- (π.χ επιφανειακά νερά).

Στη δεύτερη κωνική φιάλη που περιέχει δείκτη ηλιανθίνης ογκομετρούμε μέχρι το pH 4.5 οπότε το διάλυμα από κίτρινο χρωματίζεται ερυθρό. Τα mL που καταναλώθηκαν αντιστοιχούν στην ολική αλκαλικότητα ή αλκαλικότητα ηλιανθίνης και υπολογίζονται από τη σχέση:

Ολική αλκαλικ*ό*τητα mgCaCO3 /L=N∗V (HCl)V (δείγματος)∗50000

Η αλκαλικότητα του νερού μπορεί να είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την ολική σκληρότητα. Αν είναι γνωστές οι τιμές για την παροδική (ανθρακική) σκληρότητα και τη μόνιμη (μη ανθρακική σκληρότητα), τότε η αλκαλικότητα θεωρείται ίση με την παροδική σκληρότητα.

## Αγωγιμότητα

Όπως είναι γνωστό, η αγωγιμότητα εκφράζει την ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται μέσα από τους διάφορους αγωγούς. Δηλαδή, είναι το αντίθετο της ηλεκτρικής αντίστασης. Η αγωγιμότητα είναι μια πολύ χρήσιμη παράμετρος στον έλεγχο της ποιότητας και του βαθμού ρύπανσης των νερών. Η μέτρηση της αγωγιμότητας μας δίνει διάφορες πληροφορίες για τις διαλυμένες ουσίες-άλατα. ‘Όσο αυξάνεται η συγκέντρωση των αλάτων, ελαττώνεται η ενεργότητα των ιόντων και κατά συνέπεια η ικανότητά τους να μεταφέρουν ρεύμα. Στην πράξη χρησιμοποιούμε την ειδική αγωγιμότητα η οποία συμβολίζεται με το **κ** ή **λ**, και η τιμή της εκφράζεται σε μs/cm (μικροζύμες ανά εκατοστό). Η ειδική αγωγιμότητα του νερού επηρεάζεται σημαντικά από την θερμοκρασία και αυξάνει μ’ αυτήν. Για το λόγο αυτό, κάθε φορά που γίνονται μετρήσεις αγωγιμότητας, καταγράφεται και η θερμοκρασία του νερού και αν είναι απαραίτητο γίνονται και οι σχετικές διορθώσεις με την βοήθεια των πινάκων σχέσης αγωγιμότητας-θερμοκρασίας.(Belitz et al., 2015)

Αρχή προσδιορισμού: Η μέτρηση της ειδικής αγωγιμότητας του νερού (και γενικά κάθε αγωγού) γίνεται με την βοήθεια της γέφυρας Wheastone. Στη γέφυρα αυτή εξισορροπείται η αγωγιμότητα του αγνώστου δείγματος, με την αγωγιμότητα γνωστών διαλυμάτων. Με την βοήθεια των διαλυμάτων γνωστής αγωγιμότητας υπολογίζεται κατ’ αρχήν η σταθερά της αγωγιμομετρικής κυψέλης **θ**  του οργάνου από την σχέση:

Όπου: Κο= η ειδική αγωγιμότητα του πρότυπου διαλύματος στη θερμοκρασία του πειράματος

Λο= η μετρούμενη αγωγιμότητα του πρότυπου διαλύματος στην ίδια θερμοκρασία

Κατόπιν μετριέται η αγωγιμότητα Λδ του δείγματος που εξετάζεται και προσδιορίζεται η ειδική αγωγιμότητα από την σχέση:

Η μέτρηση της αγωγιμότητας γίνεται αμέσως μετά την δειγματοληψία.

# Αποτελέσματα – Συζήτηση

Παρακάτω υπολογίζονται και παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των φυσικοχημικών αναλύσεων του νερού, των εννέα στο σύνολο αναλυόμενων δειγμάτων για κάθε παράμετρο.

## Θερμοκρασία

Στον **Πίνακα 5** παρουσιάζονται οι μετρήσεις της θερμοκρασίας όπως μετρήθηκαν στο πεδίο την ημέρα κάθε δειγματοληψίας.

**Πίνακας 5**: Μετρήσεις θερμοκρασίας του δείγματος νερού την ημέρα της δειγματοληψίας στο πεδίο.

|  |  |
| --- | --- |
| Ημερομηνία δειγματοληψίας | Θερμοκρασία (οC) |
| 1-Μαρτίου | 9 |
| 8- Μαρτίου | 13 |
| 15- Μαρτίου | 12 |
| 22- Μαρτίου | 14 |
| 29- Μαρτίου | 13 |
| 5-Απριλίου | 14,5 |
| 12- Απριλίου | 15 |
| 10-Μαΐου | 16 |
| 17-Μαΐου | 17,5 |

**Σχήμα 3:** Η μεταβολή της θερμοκρασίας σε σχέση με τον χρόνο.

Παρατηρούμε ότι η θερμοκρασία παρουσιάζει σταθερή και σταδιακή αύξηση, με εξαίρεση κάποιες διακυμάνσεις τον Μάρτιο, με την υψηλότερη τιμή να εμφανίζεται στις 17 Μαΐου. Οι διαφορές αυτές στον μήνα Μάρτιο πιθανόν να οφείλονται στην κακοκαιρία που επικρατούσε εκείνη την περίοδο στην βόρια Ελλάδα. Τα διαγράμματα έγιναν με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος Microsoft excel.

## pH

Οι τιμές του pH των δειγμάτων νερού όπως μετρήθηκαν τη μέρα κάθε δειγματοληψίας παρουσιάζονται στον πίνακα 6.

**Πίνακας 6:** Μετρήσεις του pH των δειγμάτων νερού την ημέρα της δειγματοληψίας.

|  |  |
| --- | --- |
| Ημερομηνία δειγματοληψίας | pH |
| 1-Μαρτίου | 7.95 |
| 8- Μαρτίου | 7.98 |
| 15- Μαρτίου | 8.09 |
| 22- Μαρτίου | 8.25 |
| 29- Μαρτίου | 8.49 |
| 5-Απριλίου | 8.22 |
| 12- Απριλίου | 8.14 |
| 10-Μαΐου | 7.9 |
| 17-Μαΐου | 7.85 |

**Σχήμα 4:** Η μεταβολή του pH συναρτήσει του χρόνου.

Οι παραπάνω μετρήσεις παρουσιάζονται στο διάγραμμα του **Σχήματος 4**.Οι τιμές του pH δεν παρουσιάζουν μεγάλες αυξομειώσεις καθώς κυμαίνονται από 7,85-8,49. Το Μάρτιο εμφανίζονται οι υψηλότερες τιμές, με τους υπόλοιπους μήνες να κινούνται σε παρόμοια επίπεδα.

## Διαλυμένο οξυγόνο

Για τα αποτελέσματα του διαλυμένου οξυγόνου του δείγματος θα γίνει χρήση της σχέσης**:**

mg O2/L=

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα φαίνονται στον **Πίνακα 7**.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ημερομηνία δειγματοληψίας | mLNa2S2O3 | DOO (mg O2/L) |
| 1-Μαρτίου | 7.2 | 11.5948 |
| 8- Μαρτίου | 6.5 | 10.4675 |
| 15- Μαρτίου | 5.5 | 8.8571 |
| 22- Μαρτίου | 6.2 | 9.9844 |
| 29- Μαρτίου | 5.5 | 8.8571 |
| 5-Απριλίου | 6.0 | 9.6623 |
| 12- Απριλίου | 5.3 | 8.535 |
| 10-Μαΐου | 5.0 | 8.0519 |
| 17-Μαΐου | 5.2 | 8.374 |

**Σχήμα 5:** Η διακύμανση του διαλυμένου οξυγόνου ανά ημέρα δειγματοληψίας.

Η μεταβολή του διαλυμένου οξυγόνου με την πάροδο του χρόνου δεν είναι μεγάλη, με τις τιμές του να παρουσιάζουν κάποιες αυξομειώσεις στα μέσα του Μαρτίου. Οι υψηλές τιμές DO οφείλονται σε υψηλή φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτοπλαγκτού, ωστόσο αυτό δεν παρατηρείται στις τιμές των δειγμάτων οι οποίες είναι σχετικά χαμηλές.

## Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο

Για τις μετρήσεις του BOD5θα χρησιμοποιηθεί η Σχέση:

BOD5 (mg/L) = DO0 – DO1

Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα του BOD5 φαίνονται στον **Πίνακα 8**, μαζί με τις αντίστοιχες τιμές του DOOαλλά και του DO1, δηλαδή του Διαλυμένου Οξυγόνου που μετρήθηκε μετά από 5 μέρες.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Ημερομηνία δειγματοληψίας | DOO (mg O2/L) | mLNa2S2O3 | DO1 (mg O2/L) | BOD5 (mg/L) |
| 1-Μαρτίου | 11.5948 | 6 | 9.66 | 1.9324 |
| 8- Μαρτίου | 10.4675 | 5.3 | 8.53 | 1.9324 |
| 15- Μαρτίου | 8.8571 | 5.0 | 8.05 | 0.8052 |
| 22- Μαρτίου | 9.9844 | 4.7 | 7.56 | 2.4156 |
| 29- Μαρτίου | 8.8571 | 5.0 | 8.05 | 0.8052 |
| 5-Απριλίου | 9.6623 | 5.2 | 8.37 | 1.2883 |
| 12- Απριλίου | 8.535 | 4.6 | 7.41 | 1.1272 |
| 10-Μαΐου | 8.0519 | 4.8 | 7.73 | 0.3221 |
| 17-Μαΐου | 8.374 | 4.6 | 7.41 | 0.9662 |

**Σχήμα 6**: Διάγραμμα μεταβολής των τιμών του BOD5 συναρτήσει του χρόνου.

Πέρα από το Μάρτιο που παρουσιάζονται κάποιες αυξομειώσεις στην τιμή του BOD5, οι τιμές κατά κύριο λόγο μειώνονται με το πέρας των εβδομάδων.

## Χλωροφύλλη

Για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων γίνεται χρήση των Σχέσεων:

Chla (χλωροφύλλη **α**)=

Το αποτέλεσμα θα γίνει αντικατάσταση στη Σχέση:

mgChla/m3 =

Σημειώνεται ότι ο όγκος της ακετόνης είναι ο ίδιος σε όλες τις μετρήσεις στα 5mL, ενώ ο όγκος του δείγματος για τις 10Μαΐου είναι 170mL, ενώ για τα υπόλοιπα δείγματα διηθήθηκαν 270mL. Τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα φαίνονται στον **Πίνακα 9.**

**Πίνακας 9**: Αποτελέσματα των μετρήσεων στα 4 μήκη κύματος (664, 647, 630 και 750nm), της Chla αλλά και της τελικής συγκέντρωσης αυτής στο εξεταζόμενο δείγμα.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ημερομηνία δειγματοληψίας | Α664 | Α647 | Α630 | Α750 | Chla | mgChla/m3 |
| 1-Μαρτίου | 0.017 | 0.007 | 0.008 | 0.005 | 0.420 | 2.5719 |
| 8- Μαρτίου | 0.018 | 0.009 | 0.007 | 0.004 | 0.384 | 2.9252 |
| 15- Μαρτίου | 0.02 | 0.008 | 0.007 | 0.003 | 0.599 | 3.582 |
| 22- Μαρτίου | 0.034 | 0.01 | 0.007 | 0.001 | 0.728 | 6.9761 |
| 29- Μαρτίου | 0.058 | 0.017 | 0.012 | 0.004 | 0.578 | 10.3207 |
| 5-Απριλίου | 0.068 | 0.021 | 0.016 | 0.004 | 0.528 | 13.5419 |
| 12- Απριλίου | 0.049 | 0.017 | 0.012 | 0.004 | 0.496 | 12.8148 |
| 10-Μαΐου | 0.017 | 0.007 | 0.006 | 0.004 | 0.273 | 4.3903 |
| 17-Μαΐου | 0.028 | 0.009 | 0.007 | 0.003 | 0.201 | 5.3091 |

Η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης α σε σχέση με το χρόνο φαίνεται στο **Σχήμα 6**. Από το διάγραμμα παρατηρείται ότι η χλωροφύλλη α πιάνει τη μέγιστη τιμή της στις 22 Μαρτίου και έπειτα αρχίζει να μειώνεται. Εξαίρεση αποτελεί το δείγμα στις 5 Απριλίου όπου και αρχίζει να μειώνεται ξανά επανέρχοντας αρκετά κοντά στις τιμές του Μαρτίου.

**Σχήμα 7**: Διάγραμμα μεταβολής της χλωροφύλλης α συναρτήσει του χρόνου.

Οι Bharati et al., 2017, αναφέρουν ότι αυξημένη ποσότητα της συγκέντρωσης της Chl-a στα οικοσυστήματα μπορεί να οφείλεται σε βελτιστοποίηση της αλκαλικότητας και της δομής των θρεπτικών. Υψηλή συγκέντρωση αυτής συνεπάγεται μεγαλύτερη παραγωγικότητα φυτοπλαγκτού. Οι τιμές των δειγμάτων παρατηρούμε ότι κυμαίνονται από 0.195-0.520 mg/m3, και σύμφωνα με την <http://ikee.lib.auth.gr>, πρόκειται για ένα ολιγότροφο περιβάλλον του οποίου τα όρια είναι 0.1-0.5 mg/m3 και οφείλεται σε χαμηλή φωτοσυνθετική δραστηριότητα κυρίως λόγω της χαμηλής συγκέντρωσης θρεπτικών.

## Διαλυτός οργανικός άνθρακας

Οι τιμές του διαλυμένου οργανικού άνθρακα κυμάνθηκαν από 0.81-2.77 mg C/L. Παρουσιάζονται δύο μέγιστα, στις 22 Μαρτίου και στις 10 Μαΐου 2019. Τον Απρίλιο και τον Μάιο υπάρχει αυξητική τάση στις τιμές του οργανικού άνθρακα η οποία συνδέεται με την αύξηση στις τιμές της χλωροφύλλης.

**Πίνακας 10**: Οι συγκεντρώσεις του DOC των αναλυόμενων δειγμάτων.

|  |  |
| --- | --- |
| Ημερομηνία δειγματοληψίας | DOC (mg/L) |
| 1-Μαρτίου | 0.81 |
| 8- Μαρτίου | 0.88 |
| 15- Μαρτίου | 1.21 |
| 22- Μαρτίου | 2.18 |
| 29- Μαρτίου | 1.09 |
| 5-Απριλίου | 1.52 |
| 12- Απριλίου | 2.05 |
| 10-Μαΐου | 2.77 |
| 17-Μαΐου | 1.69 |

**Σχήμα 8:** Η διακύμανση των τιμών του διαλυτού οργανικού άνθρακα στη διάρκεια των δειγματοληψιών, Μάρτιος-Μάιος 2018.

## Ειδική απορρόφηση στο υπεριώδες SUVA254

Για τον υπολογισμό της ειδικής παραμέτρου SUVA254 θα χρησιμοποιηθεί η Σχέση**:**

SUVA254=

Για τις μετρήσεις στο υπεριώδες UV254σκοπός ήταν η ποιοτική παρακολούθηση της τιμής για αυτό το λόγο δεν κατασκευάστηκε καμπύλη βαθμονόμησης. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στον **Πίνακα 11**.

**Πίνακας 11**: Αποτελέσματα μετρήσεων της απορρόφησης στο UVστα 254 nm και της παραμέτρου SUVA254.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ημερομηνία δειγματοληψίας | UV254 | SUVA254 |
| 1-Μαρτίου | 0.005 | 0.006 |
| 8- Μαρτίου | 0.061 | 0.069 |
| 15- Μαρτίου | 0.079 | 0.065 |
| 22- Μαρτίου | 0.075 | 0.034 |
| 29- Μαρτίου | 0.06 | 0.055 |
| 5-Απριλίου | 0.072 | 0.047 |
| 12- Απριλίου | 0.139 | 0.068 |
| 10-Μαΐου | 0.123 | 0.044 |
| 17-Μαΐου | 0.106 | 0.063 |

**Σχήμα 9**: Διάγραμμα μεταβολής της απορρόφησης στο UV στα 254nmκαι της παραμέτρου SUVA254 κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών.

Τα αποτελέσματα του **Πίνακα 11** αναπαρίστανται γραφικά στο **Σχήμα 9**.

Όπως φαίνεται από το **Σχήμα 9**, και οι δύο παράμετροι εμφανίζουν τη μέγιστη τιμή τους στις 12 Απριλίου και τη χαμηλότερη στις 1 Μαρτίου. Γενικά το διάγραμμα δεν παρουσιάζει μία συνεχή αύξηση ή μείωση αλλά χαρακτηρίζεται από αυξομειώσεις στις τιμές του οι οποίες ωστόσο δεν έχουν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους. Η απορρόφηση στο UV254θα εξεταστεί και σε σύγκριση με το TOC.

Οι χαμηλές τιμές του δείκτη SUVAεξηγείται σύμφωνα με τους παρακάτω ερευνητές. Οι Hansen et al., 2016, επισημαίνουν ότι υψηλή τιμή του δείκτη SUVA σχετίζεται με πλούσιο αρωματικό περιεχόμενο. Για τα επιφανειακά νερά η συγκέντρωση κυμαίνεται από 1,0-6,0 mg/L. Μικρότερες τιμές των ορίων υποδεικνύουν ότι η DOMαποτελείται στο μεγαλύτερο μέρος της από μικρού μοριακού βάρους, αλειφατικές ενώσεις που δεν απορροφούν στα 254 nm. Όμοια, οι Pan et al., 2016, αναφέρουν ότι τιμή μεγαλύτερη του 4 υποδεικνύει την παρουσία υδρόφοβων και συγκεκριμένα αρωματικής ΝΟΜ, ενώ τιμές μικρότερες από 3 υποδεικνύουν την παρουσία κυρίως υδρόφιλης ΝΟΜ. Συνεπώς το δείγμα αποτελείται κυρίως από αλειφατικές ενώσεις μικρού μοριακού βάρους.

## Ολικά αιωρούμενα στερεά

Στον **Πίνακα 12** καταγράφεται το απόβαρο όλων των φίλτρων GF/C 1.2 μm που μπήκαν για ξήρανση ώστε να προετοιμαστούν για τις αναλύσεις.

Δεδομένου ότι ο όγκος του δείγματος που διηθήθηκε ήταν σε κάθε περίπτωση ήταν 1 λίτρο δείγματος, για τον υπολογισμό των TSSθα χρησιμοποιηθεί η Σχέση**:**

mgTSS/L

**Πίνακας 12**: Απόβαρο των φίλτρων GF/C 1.2 μm και αποτελέσματα μετρήσεων των TSS για κάθε μέρα δειγματοληψίας.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Φίλτρο | Αρχικό βάρος (gr) | Απόβαρο (gr) | TSS (mg/L) |
| 1-Μαρτίου | 0.0951 | 0.1068 | 0.0117 |
| 8- Μαρτίου | 0.0953 | 0.1117 | 0.0164 |
| 15- Μαρτίου | 0.0950 | 0.1143 | 0.0193 |
| 22- Μαρτίου | 0.0957 | 0.1105 | 0.0148 |
| 29- Μαρτίου | 0.0948 | 0.1107 | 0.0159 |
| 5-Απριλίου | 0.0952 | 0.1091 | 0.0139 |
| 12- Απριλίου | 0.0947 | 0.1329 | 0.0546 |
| 10-Μαΐου | 0.0942 | 0.1191 | 0.036 |
| 17-Μαΐου | 0.0920 | 0.1198 | 0.0278 |

Όπως φαίνεται και από τον **Πίνακα 12**, με το πέρας του χρόνου άρχισαν να αυξάνονται τα αιωρούμενα στερεά με αποτέλεσμα το φίλτρο να μπουκώνει πιο γρήγορα και η διήθηση να διαρκεί πολύ περισσότερο χρόνο. Η πορεία των TSSκατά τη διάρκεια του χρόνου φαίνεται γραφικά και στο **Σχήμα 10**.

Όπως φαίνεται στο **Σχήμα 10**, η συγκέντρωση των TSSφτάνει το μέγιστη τιμή της στις 12 Απριλίου και τη χαμηλότερη στις 1 Μαρτίου. Μέχρι τις 5 Απριλίου φαίνεται να παρουσιάζουν μία μικρή αυξομειωτική τάση και έπειτα παρατηρούμε πως στις 12Απριλίου έχουμε αύξηση των TSSσχεδόν 400% σε σχέση με την προηγούμενη μέτρηση. Αυτό μπορεί να είναι αποτέλεσμα των εκτεταμένων βροχοπτώσεων που υπήρχαν στην περιοχή του ποταμού.

## Ολικά διαλυμένα στερεά

**Πίνακας 13**: Απόβαρο των ποτηριών ζέσεως και αποτελέσματα μετρήσεων των TDS για κάθε μέρα δειγματοληψίας.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ημερομηνία | Αρχικό βάρος ποτηριού (gr) | Απόβαρο (gr) | TDS (mg/L) |
| 1-Μαρτίου | 43.2107 | 43.8305 | 0.6198 |
| 8- Μαρτίου | 43.2107 | 43.3058 | 0.0951 |
| 15- Μαρτίου | 43.2107 | 43.2975 | 0.0868 |
| 22- Μαρτίου | 43.2660 | 43.2968 | 0.0308 |
| 29- Μαρτίου | 43.2660 | 43.3022 | 0.0362 |
| 5-Απριλίου | 43.2660 | 43.3028 | 0.0368 |
| 12- Απριλίου | 43.2660 | 43.3206 | 0.0546 |
| 10-Μαΐου | 43.2660 | 43.2950 | 0.0290 |
| 17-Μαΐου | 43.2660 | 43.4401 | 0.1741 |

**Σχήμα 11**: Διάγραμμα μεταβολής της συγκέντρωσης των ολικών διαλυτών στερεών με το χρόνο δειγματοληψίας.

Όπως φαίνεται στο **Σχήμα 11**, η συγκέντρωση TDS φτάνει στο μέγιστο την 1η Μαρτίου με όλες τις υπόλοιπες μετρήσεις να είναι σχετικά πολύ κοντά αριθμητικά εκτός την 17ηΜαΐου όπου δείχνει και πάλι μια αυξητική τάση.

## Θολερότητα

**Πίνακας 14:** Μετρήσεις θολερότητας ανά ημέρα δειγματοληψίας.

|  |  |
| --- | --- |
| Ημερομηνία δειγματοληψίας | Θολερότητα (FNU NTU) |
| 1-Μαρτίου | 10.7 |
| 8- Μαρτίου | 11.9 |
| 15- Μαρτίου | 9.64 |
| 22- Μαρτίου | 10.7 |
| 29- Μαρτίου | 10.6 |
| 5-Απριλίου | 8.15 |
| 12- Απριλίου | 30 |
| 10-Μαΐου | 28.8 |
| 17-Μαΐου | 24.5 |

**Σχήμα 12**: Διάγραμμα μεταβολής της θολερότητας με το χρόνο δειγματοληψίας.

Σύμφωνα με το **σχήμα 12**, παρατηρούμε την μέγιστη τιμή θολερότητας 12 Απριλίου ενώ την ελάχιστη τιμή ακριβώς στην προηγούμενη μέτρηση, δηλαδή 5 Απριλίου.

## Αγωγιμότητα

**Πίνακας 15:** Μετρήσεις αγωγιμότητας ανά ημέρα δειγματοληψίας.

|  |  |
| --- | --- |
| Ημερομηνία δειγματοληψίας | Αγωγιμότητα (μS/cm) |
| 1-Μαρτίου | 289 |
| 8- Μαρτίου | 353 |
| 15- Μαρτίου | 272 |
| 22- Μαρτίου | 330 |
| 29- Μαρτίου | 309 |
| 5-Απριλίου | 352 |
| 12- Απριλίου | 298 |
| 10-Μαΐου | 291 |
| 17-Μαΐου | 287 |

Οι παραπάνω μετρήσεις παρουσιάζονται στο διάγραμμα του **Σχήματος 13**.Οι τιμές της αγωγιμότητας δεν παρουσιάζουν μεγάλες αυξομειώσεις καθώς κυμαίνονται από 272-353 μs/cm κάνοντάς τες να κινούνται σε παρόμοια επίπεδα.

**Σχήμα 13**: Διάγραμμα μεταβολής της αγωγιμότητας συναρτήσει του χρόνου.

## Αλκαλικότητα

Δεδομένου ότι ο όγκος του δείγματος που διηθήθηκε ήταν σε κάθε περίπτωση ήταν 100ml δείγματος, για τον υπολογισμό της αλκαλικότητας θα χρησιμοποιηθεί η Σχέση**:**

mgCaCO3/L =

**Πίνακας 16:** Μετρήσεις αγωγιμότητας ανά ημέρα δειγματοληψίας.

|  |  |
| --- | --- |
| Ημερομηνία δειγματοληψίας | Αγωγιμότητα (μS/cm) |
| 1-Μαρτίου | 185 |
| 8- Μαρτίου | 190 |
| 15- Μαρτίου | 185 |
| 22- Μαρτίου | 190 |
| 29- Μαρτίου | 215 |
| 5-Απριλίου | 225 |
| 12- Απριλίου | 215 |
| 10-Μαΐου | 190 |
| 17-Μαΐου | 155 |

**Σχήμα 14:** Οι διακυμάνσεις της αλκαλικότας του νερού σε σχέση με τις ημέρες δειγματοληψίας.

Παρατηρούμε από το **σχήμα 14** ότι η θερμοκρασία παρουσιάζει διακυμάνσεις σε όλη την διάρκεια της δειγματοληψίας, με την υψηλότερη τιμή να εμφανίζεται στις 5 Απριλίου και την χαμηλότερη στις 17 Μαΐου.

# Συνδυασμός παραμέτρων

## Χλωροφύλλη / Διαλυμένο οξυγόνο

**Σχήμα 15**: Γράφημα διασποράς του Διαλυμένου οξυγόνου (mgO2/L) συναρτήσει της συγκέντρωσης της Χλωροφύλλης α(mg/m3).

Ένας από του παράγοντες που επίσης προκαλούν διακυμάνσεις στη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου είναι η φωτοσύνθεση, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω. Η παράμετρος που μελετήθηκε και είναι σχετική με τη φωτοσύνθεση είναι η Χλωροφύλλη α. Στο **Σχήμα 15** μελετήθηκε η συσχέτιση των δύο παραμέτρων και παρατηρήθηκε ότι όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης τόσο αυξάνεται η χλωροφύλλη α και κατά συνέπεια τα επίπεδα του DO στο δείγμα.



## Ολικά αιωρούμενα στερεά (TDS) / θολερότητα

**Σχήμα 16**: Γράφημα διασποράς των ολικά αιωρούμενων στερεών (mg/L) συναρτήσει της θολερότητας (NTU).

Όπως βλέπουμε και παραπάνω στο **σχήμα 16**, τα ολικά αιωρούμενα στερεά (TDS) σχεδόν ταυτίζονται με τις κορυφές της θολερότητας. Σύμφωνα με τους Albrektienet al., 2012, η αύξηση των ολικών αιωρούμενων στερεών είναι πάντοτε ανάλογη της αύξησης του αριθμού της θολερότητας ενώ δεν μπορούμε να πούμε ότι ισχύει το αντίστροφο, η αύξηση της θολερότητας δηλαδή μπορεί να οφείλεται και σε άλλους παράγοντες όπως η χλωροφύλλη.

## Διαλυμένο οξυγόνο / θερμοκρασία

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου είναι αντιστρόφως ανάλογη με τη θερμοκρασία των ρευμάτων. Συγκεκριμένα, με αύξηση της θερμοκρασίας αναμένεται να μειώνεται η συγκέντρωση αυτού. Πράγματι, όπως παρατηρείται στο **Σχήμα 17** όπου απεικονίζεται η μεταβολή του DO σε σχέση με την αντίστοιχη θερμοκρασία του δείγματος, όσο πιο πολύ αυξάνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος και κατά συνέπεια του δείγματος, τόσο μειώνεται και η συγκέντρωση του DO.

**Σχήμα 15**: Γράφημα διασποράς Διαλυμένου Οξυγόνου (mgO2/L) συναρτήσει της θερμοκρασίας στο πεδίο και την ημέρα δειγματοληψίας.

## DOC / SUVA254

Σύμφωνα με τους Lamsaletal., 2011, η παράμετρος SUVA254 χρησιμοποιείται για να εντοπίσει μεταβολές στον αρωματικό χαρακτήρα της ΝΟΜ, ενώ οι Hansenetal., 2016 ανέφεραν ότι έχει ισχυρή συσχέτιση με το κλάσμα του υδρόφοβου οργανικού οξέος της DOΜ. Από το **Σχήμα 18** ωστόσο, παρατηρείται ότι δεν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του διαλυτού οργανικού άνθρακα, άρα το κλάσμα των αρωματικών και χουμικών ενώσεων είναι φτωχό στο δείγμα του νερού.

**Σχήμα 18**: Γράφημα διακύμανσης των τιμών του Διαλυτού Οργανικού Άνθρακα(mg/L) και της απορρόφησης στο SUVA254 nm.



## Χλωροφύλλη α / θερμοκρασία

**Σχήμα 19**: Γράφημα διακύμανσης της συγκέντρωσης της Χλωροφύλλης α (mg/m3) συναρτήσει της θερμοκρασίας του δείγματος (οC).

Όπως φαίνεται από το **Σχήμα 19**, η συσχέτιση μεταξύ τους είναι αρνητική και όχι ισχυρή. Συγκεκριμένα, η Χλωροφύλλη α φτάνει την ανώτερη τιμή της στα αρχές Απριλίου που η θερμοκρασία είναι 14,5 οC. Έπειτα, η συγκέντρωσή της αρχίζει να μειώνεται όσο το κλίμα γίνεται πιο ζεστό, που σημαίνει ότι μειώνεται και η φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτοπλανκτού.

Σύμφωνα με τους Bouffardetal., 2018, οι οποίοι μελέτησαν τη συσχέτιση αυτή σε δείγματα λίμνης, την άνοιξη, η θερμοκρασιακή αύξηση του επιφανειακού νερού ελέγχει την ανάπτυξη του φυτοπλανκτού με δύο μηχανισμούς: α) επιτάχυνση των φυσιολογικών διεργασιών, όπως η πρόσληψη των θρεπτικών ουσιών, η ανάπτυξη και η αναπνοή, και β) ανάπτυξη της θερμικής διαστρωμάτωσης στο σώμα του νερού. Το καλοκαίρι, η διαθεσιμότητα των θρεπτικών συστατικών είναι περιορισμένη. Με λίγα λόγια, η συσχέτιση ήταν θετική την άνοιξη. Αντίθετα, αρνητική βρέθηκε το καλοκαίρι και το φθινόπωρο που το επιφανειακό νερό είναι πιο ψυχρό.

Παρόλο που το πειραματικό μέρος της εργασίας αυτής εκτελέστηκε την άνοιξη, εντούτοις η συσχέτιση βρέθηκε αρνητική καθώς αύξηση της θερμοκρασίας συνοδευόταν από μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας.

## BOD5 / Χλωροφύλλη

**Σχήμα 20**: Γράφημα απλής διασποράς τουBOD5 (mgO2/L) συναρτήσει της συγκέντρωσης της Χλωροφύλλης α (mg/m3).

Από το διάγραμμα του **Σχήματος 20** παρατηρούμε ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας του φυτοπλαγκτού και της συγκέντρωσης τουBOD5 με ελάχιστες αυξομειώσεις κυρίως στις τιμές του BOD5.

Οι Bharati et al., 2017 βρήκαν ότι υψηλή συγκέντρωση BOD μπορεί να οφείλεται σε μεγάλη παραγωγικότητα του φυτοπλαγκτού η οποία αυξάνει τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου που οδηγεί σε περισσότερη οργανική ύλη και άρα μεγαλύτερη μικροβιολογική δραστηριότητα που με τη σειρά της αυξάνει το BOD. Αν και οι τιμές του BOD φαίνεται να αυξάνονται όσο αυξάνεται η συγκέντρωση της Χλωροφύλλης α, εντούτοις οι τιμές είναι χαμηλές κάτι που υποδεικνύει ότι η φωτοσυνθετική δραστηριότητα ήταν περιορισμένη

# Συμπεράσματα

1. H θερμοκρασία του νερού εποχιακά, παρουσιάζει χαμηλές τιμές στις αρχές της άνοιξης και καταλήγει σε υψηλότερες όσο πλησιάζουμε τα τέλη του Μαΐου. Οι τιμές αυτές είναι αναμενόμενες για την εποχή της δειγματοληψίας.
2. Το pH των δειγμάτων δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα σημαντικές αυξομειώσεις σε σχέση με το χρόνο και είναι μέσα στα όρια της νομοθεσίας σε όλη τη διάρκεια της δειγματοληψίας.
3. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου των δειγμάτων παρουσιάζει αντιστρόφως ανάλογη σχέση με τη θερμοκρασία όπως αναμένεται καθώς παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσής του όσο η θερμοκρασία αυξάνεται. Αντίθετα, οι τιμές του είναι ανάλογες με τη συγκέντρωση της Χλωροφύλλης α, καθώς τις ημέρες που η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου ήταν πιο ψηλή παρατηρήθηκε και αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας.
4. Παρατηρώντας τη συσχέτιση μεταξύ της θερμοκρασίας και της Χλωροφύλλης α, τα αποτελέσματα ήταν αναμενόμενα μέχρι και τις 10 Μαΐου, καθώς κατά την αύξηση της θερμοκρασίας ήταν ανάλογη και η φωτοσυνθετική δραστηριότητα, ενώ μετά τις 10 Μαΐου η θερμοκρασία αυξανόταν με σταθερό ρυθμό και η φωτοσυνθετική δραστηριότητα μειωνόταν.
5. Οι τιμές του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD) ήταν μέσα στα όρια της νομοθεσίας, με πολύ χαμηλές τιμές, χαρακτηριστικά νερού που δεν είναι επιβαρυμένο με ρυπαντικό φορτίο.
6. Η παράμετρος SUVA254 δεν παρουσιάζει συσχέτιση με τις τιμές του διαλυτού οργανικού άνθρακα, ένδειξη χαμηλής συγκέντρωσης αρωματικών ενώσεων στο δείγμα του νερού.
7. Οι τιμές των αιωρούμενων στερεών και της θολερότητας παρουσίασαν μεγάλη αύξηση μετά τις 12 Απριλίου, που αποδίδεται στις καιρικές συνθήκες.

# Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Προτείνεται η διεξαγωγή συστηματικών μετρήσεων φυσικοχημικών δεδομένων ποιότητας σε ετήσια βάση για την ολοκληρωμένη εκτίμηση της εποχιακής διακύμανσης των νερών του ποταμού Αξιού, καθώς επίσης η παρακολούθηση της διακύμανσης των τιμών ιόντων μετάλλων και των θρεπτικών αλάτων του αζώτου και φωσφόρου.

# Βιβλιογραφία

## Ελληνική βιβλιογραφία

1. Belitz, H., D., Grosch, W. &Schieberle, P. (2015). *Χημεία Τροφίμων (4η* έκδοση). (Eπιμέλεια Ραφαηλίδης, Σ., Ν.) (Μετάφραση Παπαγεωργίου, Μ., Δ. & Βάρναλης, Α., Ι.). Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα [*Food Chemistry*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009]
2. Γαλανοπούλου, Ν., Ζαμπετάκης, Γ., Μαυρή ,Μ. & Σιαφάκα, Α., (2011). *Διατροφή και Χημεία Τροφίμων*. Αθήνα: Εκδόσεις Αθανάσιος Σταμούλης.
3. Ebbing, Darrell D.; Steven D. Gammon. [*Γενική Χημεία*](https://web.archive.org/web/20100104112754/http:/www.travlos.gr/). Μτφρ. Νικόλαος Δ. Κλούρας*(6η έκδοση)*. Αθήνα: Τραυλός. σελίδες 539–540.
4. Ζανάκη, Κ., (2001). *Έλεγχος Ποιότητας Νερού (2η έκδοση)*. Αθήνα, Περιστέρι: Εκδόσεις Ίων.
5. Κουϊμτζής. Θ. &Κ. Σαμαρά- Κωνσταντίνου (1994) *Έλεγχος ρύπανσης περιβάλλοντος.* Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
6. Μήτρακας, Μ. (2014). *Ποιοτικά χαρακτηριστικά και επεξεργασία νερού.(2η έκδοση)*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.
7. Μιμίκου, Μ., Α. & Μπαλτάς, Ε., Α. (2006). *Τεχνική Υδρολογία*. *(4η έκδοση)*. Αθήνα: Εκδόσεις Παπασωτηρίου.
8. Ριτζούλης, Χ. (2015). *Φυσικοχημεία τροφίμων*. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Τζιόλα.

## Ξένη βιβλιογραφία

1. Benjamin, M., M., (2015). *Water Chemistry (2η έκδοση)*. Long Grove, Illinois: Waveland Press.
2. Bharati, M., D., Patra, S., Sundaramoorthy, S., Madeswaran, P., &Sundaramanickam, A., (2017). Elucidation of seasonal variations of physicochemical and biological parameters with statistical analysis methods in Puducherry coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, 122, 432-440.

1. Bild, W.; Stefanescu, I.; Haulica, I.; Lupuşoru, C.; Titescu, G.; Iliescu, R.; Natasa, V. (Jul–Dec 1999). [«Research Concerning the Radioprotective and Immunostimulating Effects of Deuterium-Depleted Water»](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11797936). *Romanian Journal of Physiology* **36** (3–4): σελ. 205–218.
2. Bouffard, D., Kiefer, I., West, A., Wunderle, A., & Odermatt, D., (2018). Are surface temperature and chlorophyll in a large deep lake related? An analysis based on satellite observations in synergy with hydrodynamic modeling and in-situ data. *Remote Sensing of Environment*, **209**, 510-523.
3. Brezonic, P., L., & Arnold, W., A., (2011). *Water Chemistry: An Introduction to the Chemistry of Natural and Engineered Aquatic Systems.* New York, NY: Oxford University Press.
4. Campbell, Neil A.; Brad Williamson; Robin J. Heyden (2006). *Biology: Exploring Life*. Boston, Massachusetts: Pearson Prentice Hall.
5. Correa-Gonzlez, J., C., Chvez-Parga, M., del C., Corts, J., A., & Prez-Munguia, R., M., (2014). Photosynthesis, respiration and reaeration in a stream with complex dissolved oxygen pattern and temperature dependence. *Ecological modelling*, 273, 220-227.
6. Durdevic, P., Raju, C., S., & Yang, Z., (2018). Potential for real-time monitoring and control of dissolved oxygen in the injection water treatment process. *IFAC Papers OnLine*, **51-8**, 170-177.
7. Faust, S., D., & Aly, O., S., (1998). *Chemistry of water treatment (2ηέκδοση)*. Ανακτήθηκε από: <https://books.google.gr/books?id=ivLiNH-NjOcC&printsec=frontcover&dq=water+chemistry&hl=el&sa=X&ved=0ahUKEwjE56zLgoneAhXNJ1AKHWdPBiMQ6AEIbDAJ#v=onepage&q=water%20chemistry&f=false>
8. Hansen, A., M., Kraus, T., E., C., Pellerin, B., A., Fleck, J., A., Downing, B., D., & Bergamaschi, B., A., (2016). Optical properties of dissolved organic matter (DOM): Effects of biological and photolytic degradation. *Limnology and Oceanography*, 61, 1015-1032.
9. Krempels, K.; Somlyai, I.; Somlyai, G. (Sept 2008). [«A Retrospective Evaluation of the Effects of Deuterium Depleted Water Consumption on 4 Patients with Brain Metastases from Lung Cancer»](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18815148). *Integrative Cancer Therapies* **7** (3): σελ. 172–81.
10. Lamsal, R., Walsh, M., E., & Gagnon, G., A., (2011). Comparison of advanced oxidation processes for the removal of natural organic matter. *Water research*, 45, 3263-3269.
11. Mader, M., Schmidt, C., van Geldern, R., & Barth, J., A., C., (2017). Dissolved oxygen in water and its stable isotope effects: A review. *Chemical Geology*, **473**, 10-21.
12. Manahan, S., E., (2011). *Water Chemistry: Green Science and Technology of Nature’s Most Renewable Resource*. New York, NY: CRC Press.

1. [Mueller, Grover C.](https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=Grover_Mueller&action=edit&redlink=1" \o "Grover Mueller (δενέχειγραφτείακόμα)) (Jun 1937). [«Is 'Heavy Water' the Fountain of Youth?»](http://books.google.com/books?id=eiYDAAAAMBAJ&pg=PA22). *Popular Science Monthly* (New York: Popular Science Publishing) **130** (6): σελ. 22–23.
2. Pan, Y., Li, H., Zhang, X. & Li., A., (2016). Characterization of natural organic matter in drinking water: Sample preparation and analytical approaches. *Trends in Environmental Analytical Chemistry*, **12**, 23-30.
3. Parsons, T. R., Maita, Y., &Lalli, C. M., (1984). *A manual of chemical and biological methods for seawater analysis* (pp 173). New York, NY: Pergamon Press.
4. Ribeiro, M., A., S., Murgu, M., Silva, V., de M., Sawaya, A., C., H., F., Ribeiro, L., F., Justi., A., &Meurer, E., C., (2017). The screening of organic matter in mineral and tap water by UHPLC-HRMS. *Talanta*, **174**, 581-586.
5. Sharma, R., C., Singh, N., & Chauhan, A., (2016). The influence of physic-chemical parameters on phytoplankton distribution in a head water stream of Garhwal Himalayas: A case study. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, **42**, 11-21.
6. Skoulikidis, N. Th., (2009). The environmental state of rivers in the Balkans-A review within the DPSIR framework. *Science of the total environment*, **407**, 2501-2516.
7. Skoulikidis, N., Th., Economou, A., N., Gritzalis, K., C. &Zogaris, S. (2009). Rivers of the Balkans. In K. Tockner, U. Uehlinger& C. T. Robinson (Eds.), *Rivers of Europe* (pp. 421-467).
8. Skoulikidis, N. Th., Gritzalis, K. &Kouvarda, Th., (2002). *Hydrochemical and ecological quality assessment of a Mediterranean river system*. Ανακτήθηκε από: <https://journal.gnest.org/sites/default/files/Journal%20Papers/skoulikidis.pdf>
9. Sylte, Gudrun Urd (24 Μαΐου 2010). «Den aller kaldaste havstraumen». *Forskning.no*
10. Urey, HaroldC.; Failla, Gioacchino (15 Mar 1935). «Concerning the Taste of Heavy Water». *Science* (New York: The Science Press) **81** (2098): σελ. 273.
11. Wu, Z., Cai, Y., Zhang, L., & Chen Y., (2018). Spatial and temporal heterogeneities in water quality and their potential drivers in Lake Poyang (China) from 2009 to 2015. *Limnologica*, 69, 115-124.
12. Wu, Z., Wang, X., Chen, Y., Cai, Y., & Deng, J., (2018). Assessing river water quality using water quality index in Lake Taihu Basin, China. *Science of the Total Environment*, 612, 914-922.

## Διαδίκτυο

1. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19440049.2011.576440>[«European Food Safety Authority (EFSA)»](http://www.efsa.europa.eu/en/search/doc/2075.pdf) .
2. <https://www.europeanhydrationinstitute.org>[«European Hydration Institute (EHI)»](https://web.archive.org/web/20130404025350/http:/www.europeanhydrationinstitute.org/nutrition_and_beverages.html)
3. <https://el.wikipedia.org/wiki/Αξιός>
4. <http://aristoteliomaths.weebly.com>
5. http://www.waterlabs.gr
6. https://www.moh.gov.gr
7. <http://www.watersave.gr/index.php>
8. <http://www.aquasol.gr>
9. <http://www1.lsbu.ac.uk>
10. https://www.eyath.gr
11. <http://ikee.lib.auth.gr>
12. https://www.rainbowwaters.gr/gr/el/content/ta-xaraktiristika-toy-posimoy-neroy-d188db41-921d-4300-bb7d-80f0cfae9892?nid=61