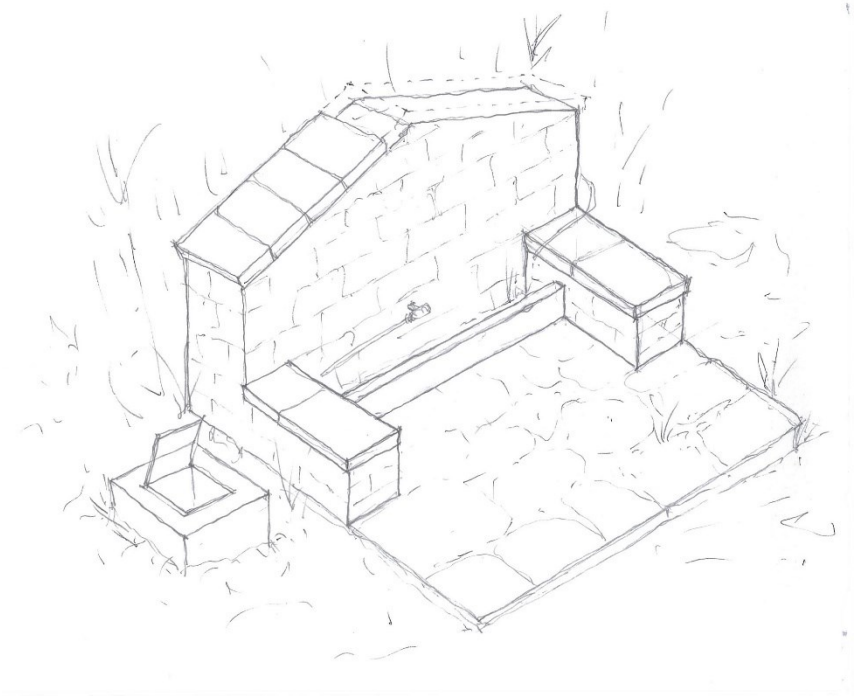
ΟΔΗΓΟΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΠΟΛΙΤΩΝ



Γνώσεις και τεχνικές
για τον έλεγχο της ποιότητας νερού
σε ρέουσες πηγές και κρήνες

Υλοποίηση:

Περιοδεύον εργαστήριο για τις παραδοσιακές τεχνικές δόμησης ΜΠΟΥΛΟΥΚΙ

Υποστήριξη:

PONT | PRESPA OHRID NATURE TRUST

ΔΗΜΟΣ ΚΟΝΙΤΣΑΣ

Ο οδηγός παράχθηκε στο πλαίσιο υλοποίησης του έργου:

Connectivity Conservation Initiative for Fresh Drinking Water
Activity name: 5.1 Preparation of the Citizen Science guidebook for fresh water management

Deliverable: Citizen Science guidebook for fresh water management

Μπόικος Η., Κανελλοπούλου Γ. (2025) Οδηγός Επιστήμης πολιτών – Γνώσεις και τεχνικές για τον έλεγχο της ποιότητας νερού σε ρέουσες πηγές και κρήνες.

CC BY-NC-SA 4.0

© Μάρτιος 2025
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Συγγραφή – Επιμέλεια - Σχεδιασμός
Ηλίας Μπόικος & Γεωργία Κανελλοπούλου

Σχέδιο Εξώφυλλου
Γρηγόρης Κουτρόπουλος

Σχέδιο Οπισθόφυλλου
Αθηνά Σιαφάκα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Μέτρηση θερμοκρασίας αέρα 7

Μέτρηση θερμοκρασίας νερού 11

Μέτρηση παροχής νερού 13

Μέτρηση pH νερού 15

Μέτρηση ολικής σκληρότητας νερού 18

Μέτρηση ιόντων νερού 23

Σημειώσεις 29

ΟΔΗΓΟΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΠΟΛΙΤΩΝ

Μέτρηση θερμοκρασίας αέρα

Γιατί είναι σημαντικό

Τα βουνά παίζουν σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση του κλίματος και του καιρού μεγάλων περιοχών, ρυθμίζοντας το σχηματισμό νεφών, τα οποία με τη σειρά τους επηρεάζουν τις κατακρημνίσεις (βροχή, χιόνι, χαλάζι). Γι' αυτό το λόγο είναι σημαντική πηγή πόσιμου για τον άνθρωπο και τα ζώα, και αρδευτικού νερού για τις ορεινές αλλά και για τις πεδινές περιοχές. Μεγάλο μέρος της ανθρώπινης δραστηριότητας στηρίζεται σε αυτή την ισορροπία παροχής νερού (αγροτικές καλλιέργειες, κτηνοτροφία, μεταποίηση, παραγωγή ενέργειας).

Η θερμοκρασία αέρα είναι από τους πιο συχνά και ευρέως διαδεδομένους δείκτες για την επιστημονική διερεύνηση της κλιματικής αλλαγής. Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα μπορεί να επηρεάσει τα **καιρικά φαινόμενα***, τη διαθεσιμότητα του νερού, τις δασικές πυρκαγιές, τα ζώα και τα φυτά και τις βιολογικές τους διεργασίες και τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Η παρακολούθησή της σε διαφορετικές περιοχές αλλά κυρίως στα βουνά μπορεί να δώσει πολύτιμες πληροφορίες για τις πιθανές αλλαγές του κλίματος,

* καιρικά φαινόμενα

Μεγάλες περίοδοι **ξηρασίας** που διακόπτονται από **πολύ έντονες βροχοπτώσεις** έχουν καταστροφικές συνέπειες, καθώς η μεγάλη ποσότητα νερού που πέφτει δεν μπορεί να συγκρατηθεί από το έδαφος, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται καταστροφικές **πλημμύρες** που σαρώνουν τα πάντα στο πέρασμά τους.

για τις επιπτώσεις της στα βουνά και τους πιθανούς κινδύνους που μπορεί να προκύψουν, προετοιμάζοντας πιο αποτελεσματικά τους ανθρώπους να τους αντιμετωπίσουν.

Πώς μετράμε τη θερμοκρασία αέρα

Η θερμοκρασία αέρα μετριέται με θερμόμετρα, αναλογικά ή ψηφιακά σε κάποια απόσταση από το έδαφος και υπό σκιά.

Για τη μακροχρόνια καταγραφή χρησιμοποιούνται αισθητήρες που έχουν τη δυνατότητα να καταγράφουν τις θερμοκρασίες **ανά τακτά χρονικά διαστήματα*** και να αποθηκεύουν τις μετρήσεις για μεγάλες χρονικές περιόδους. Οι αισθητήρες μπορεί να έχουν **οθόνη (εικ. 1)** στην οποία μπορεί να φαίνεται η θερμοκρασία σε πραγματικό χρόνο, η θερμοκρασία της τελευταίας μέτρησης, η τελευταία υψηλότερη ή χαμηλότερη, ή η **μέση θερμοκρασία***. Μπορούν να προγραμματιστούν με σύνδεση σε υπολογιστή και με τον ίδιο τρόπο μπορούν να ανακτηθούν τα αρχεία καταγραφής των θερμοκρασιών.

* διαστήματα μετρήσεων

Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας μπορούν να γίνονται ανά διαστήματα που διαρκούν από δευτερόλεπτα έως και ώρες. Ανάλογα με το πλήθος των μετρήσεων θα επηρεάζεται και η διάρκεια ζωής της μπαταρίας του αισθητήρα. Επιλέγουμε να κάνουμε μετρήσεις ανά μία ώρα. Με τον τρόπο αυτό η μπαταρία του αισθητήρα μας θα διαρκέσει μερικά χρόνια, και θα έχουμε ένα αρκετά αντιπροσωπευτικό δείγμα για τη **διακύμανση** της θερμοκρασίας μέσα στην ημέρα.

* Μέση θερμοκρασία

Ποιος μήνας ήταν πιο κρύος, ο Μάρτης του 2024 ή ο Μάρτης του 2025;

Απάντηση σε τέτοιες ερωτήσεις μπορεί να μας δώσει η **μέση θερμοκρασία**. Υπολογίζοντας τη μέση θερμοκρασία μπορούμε να έχουμε μία γενική εικόνα της θερμοκρασίας σε μία περιοχή, αλλά και τη δυνατότητα να συγκρίνουμε τις θερμοκρασίες σε μηνιαία ή ετήσια βάση.

Για τον υπολογισμό της μέσης θερμοκρασίας θα χρειαστεί να αθροίσουμε όλες τις μετρήσεις μας και να διαιρέσουμε το άθροισμα με το πλήθος των μετρήσεων βρίσκοντας τον **μέσο όρο**.

Για να βρούμε π.χ. τη μέση θερμοκρασία για τον μήνα Μάρτιο, μπορούμε να ακολουθήσουμε δύο τρόπους:

1. Να αθροίσουμε όλες τις μετρήσεις του μήνα και να τις διαιρέσουμε με το πλήθος των μετρήσεων:

$$\frac{\text{Άθροισμα όλων των θερμοκρασιών}}{\text{24 μετρήσεις/ημέρα} * \text{ 31 ημέρες}} = \text{Μηνιαία μέση θερμοκρασία}$$

$$\text{π.χ.}\frac{4{,}3 + 4{,}1 + 2{,}5 + \cdots + 1 + 3{,}5 + 4}{\text{24 μετρήσεις/ημέρα} \times \text{ 31 ημέρες}} = \frac{1873{,}1}{744} = 2{,}5\ ^\circ\text{C}$$

2. Να αθροίσουμε τις υψηλότερες και τις χαμηλότερες θερμοκρασίες κάθε ημέρας και να διαιρέσουμε με το πλήθος (2 μετρήσεις για κάθε ημέρα):

$$\frac{\begin{array}{c}\text{Άθροισμα υψηλότερων}\\ \text{και χαμηλότερων θερμοκρασιών}\end{array}}{\text{2 μετρήσεις/ημέρα} * \text{ 31 ημέρες}} = \text{Μηνιαία μέση θερμοκρασία}$$

$$\frac{4{,}4 + 0{,}8 + \cdots + 0{,}3 + 2{,}9}{\text{2 μετρήσεις/ημέρα} \times \text{ 31 ημέρες}} = \frac{175{,}4}{62} = 2{,}8\ ^\circ\text{C}$$

Δοκιμάζοντας τους δύο διαφορετικούς τρόπους θα δούμε ότι το αποτέλεσμα μπορεί να έχει μια μικρή **απόκλιση**.

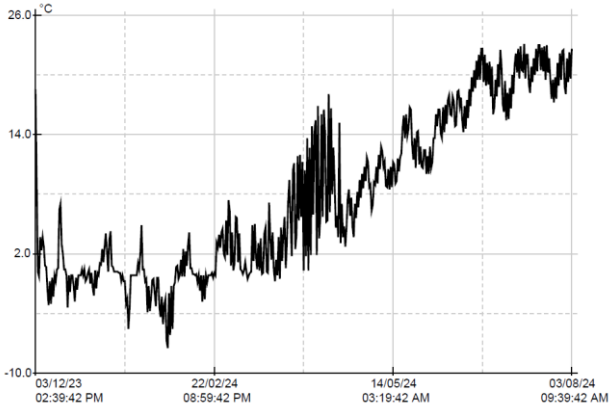
Στα αρχεία καταγραφής των αισθητήρων συνήθως υπάρχουν πληροφορίες για τη συσκευή και τον προγραμματισμό της, **στατιστικά στοιχεία (εικ. 2)** με την υψηλότερη, τη χαμηλότερη και τη μέση θερμοκρασία , **διαγράμματα (εικ. 3)** με τη διακύμανση της θερμοκρασίας και μια **λίστα (εικ. 4)** με την θερμοκρασία για κάθε μέτρηση, την ημερομηνία και την ώρα της ημέρας.

εικόνα 1

Εικόνα 2

Highest	23.1 °C
Average	7.6 °C
Lowest	-7.5 °C

εικόνα 3



εικόνα 4

Index	Date	Time	°C		Index	Date	Time	°C
00001	03/12/23	02:39:42 PM	18.6		00002	03/12/23	03:39:42 PM	9.4
00003	03/12/23	04:39:42 PM	7.9		00004	03/12/23	05:39:42 PM	7.0
00005	03/12/23	06:39:42 PM	5.8		00006	03/12/23	07:39:42 PM	4.9
00007	03/12/23	08:39:42 PM	4.7		00008	03/12/23	09:39:42 PM	4.3

Μέτρηση θερμοκρασίας νερού

Γιατί είναι σημαντικό

Η θερμοκρασία του νερού μίας πηγής και οι διακυμάνσεις της κατά τη διάρκεια του έτους μπορεί να δώσει κάποιες πληροφορίες σχετικές με τον τρόπο που συγκεντρώνεται το νερό στην πηγή, το είδος των πετρωμάτων που υπάρχουν στην περιοχή και γενικά το είδος του **υπόγειου υδροφορέα*** που τροφοδοτεί την πηγή.

Πηγές με σταθερή θερμοκρασία είναι ενδεικτικές για υπόγειους υδροφορείς σε μεγάλο βάθος που δεν επηρεάζονται έντονα από επιφανειακά ύδατα και δεν παρέχουν νερό από υψηλότερα εδαφικά στρώματα. Οι πηγές αυτές είναι κατά συνέπεια λιγότερο ευάλωτες σε ρυπογόνους παράγοντες από την ανθρώπινη δραστηριότητα.

Η θερμοκρασία είναι ένας σημαντικός δείκτης ποιότητας του νερού καθώς επηρεάζει χημικές διεργασίες όπως τη **διαλυτότητα*** του οξυγόνου και άλλων στοιχείων στο νερό, αλλά και τις βιολογικές διεργασίες στους υδρόβιος οργανισμούς.

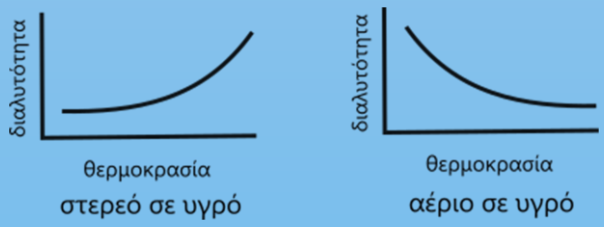
* Υπόγειος υδροφορέας

Υδροφορέας είναι ένας υπόγειος γεωλογικός σχηματισμός που περιέχει νερό και είναι διαπερατός, ικανός να τροφοδοτήσει γεωτρήσεις και πηγές με σημαντικές ποσότητες νερού.

Οι υδροφορείς συνήθως έχουν ως δάπεδο ένα αδιαπέρατο γεωλογικό στρώμα. Σε διάφορα σημεία το νερό μπορεί να βρει δίοδο ώστε να απορρέει ελεύθερα στην επιφάνεια.

* Διαλυτότητα

Διαλυτότητα μίας ουσίας είναι η ποσότητα της ουσίας που μπορεί να **διαλυθεί** σε μία ποσότητα μιας άλλης ουσίας που ονομάζεται **διαλύτης**. Στην περίπτωση του νερού υπάρχουν πολλές διαφορετικές διαλυμένες ουσίες, αέριες, στερεές ή υγρές. Στους περισσότερους διαλύτες η **αύξηση** της θερμοκρασίας οδηγεί σε **μεγαλύτερη διαλυτότητα στερεών διαλυμένων ουσιών** και σε **μικρότερη διαλυτότητα αέριων διαλυμένων ουσιών.** Συνεπώς, όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του νερού, μειώνεται η ποσότητα του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα που βρίσκεται διαλυμένο στο νερό (αέρια) και αυξάνονται τα διαλυμένα άλατα (στερεά). Αυτό επηρεάζει την ποιότητα του νερού μίας πηγής.



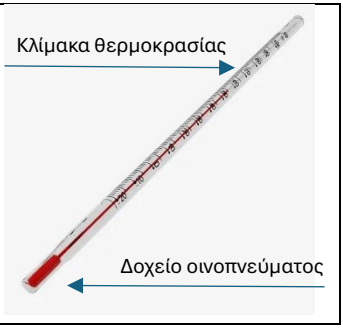
στερεό σε υγρό αέριο σε υγρό

Πώς μετράμε τη θερμοκρασία νερού

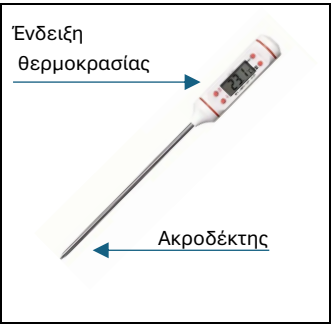
Η θερμοκρασία νερού μπορεί να μετρηθεί με ένα **θερμόμετρο οινοπνεύματος (εικ. 5)** ή με ένα **ψηφιακό θερμόμετρο (εικ. 6)**. Για να πάρουμε μία σωστή μέτρηση αρκεί να τοποθετήσουμε το θερμόμετρο κάτω από τη ροή του νερού περιμένοντας έως ότου σταθεροποιηθεί η ένδειξη της θερμοκρασίας (μπορεί να διαρκέσει μερικά λεπτά). Στο θερμόμετρο οινοπνεύματος το σημείο που πρέπει να βρίσκεται στη ροή του νερού είναι το δοχείο με το χρωματισμένο

οινόπνευμα **(εικ. 5)**, ενώ σε ένα ψηφιακό θερμόμετρο το αντίστοιχο σημείο θα είναι ένας μεταλλικός ακροδέκτης **(εικ. 6)** που μπορεί να συνδέεται με καλώδιο ή να είναι προσαρμοσμένος στην ηλεκτρονική συσκευή. Είναι καλό να επαναλάβουμε τη μέτρηση τουλάχιστον 3 φορές και να υπολογίσουμε τον μέσο όρο (βλ. παράθεμα μέσης θερμοκρασίας, σελ. 9).

εικόνα 5



εικόνα 6



Μέτρηση παροχής νερού

Γιατί είναι σημαντικό

Η μέτρηση της παροχής νερού μίας πηγής δίνει σημαντικές πληροφορίες για τον υδροφορέα που την τροφοδοτεί και τη διαθεσιμότητα του νερού. Η παροχή μίας πηγής μπορεί να έχει εποχιακές διακυμάνσεις οπότε είναι καλό οι μετρήσεις να γίνονται κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους και να μελετώνται διαχρονικά. Η μείωση της παροχής του νερού μίας πηγής μπορεί να εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του νερού στον υπόγειο υδροφορέα ή από ελλιπή συντήρηση της **υδρομάστευσης*** που μπορεί να επηρεάζεται από φυτά και φερτά υλικά (πέτρες, χώματα).

Πώς μετράμε την παροχή νερού

Παροχή νερού σημαίνει πόσος όγκος νερού βγαίνει από την πηγή σε συγκεκριμένο χρόνο. Συνήθως μετράμε την παροχή σε λίτρα ανά δευτερόλεπτο. Ο πιο απλός τρόπος για να μετρήσουμε την παροχή είναι να χρησιμοποιήσουμε ένα **δοχείο** που γνωρίζουμε τον **όγκο** του και να μετρήσουμε το **χρόνο** που χρειάζεται για να γεμίσει. Το χρονόμετρο ενός κινητού τηλεφώνου, ή ένα ρολόι με δευτερολεπτοδείκτη είναι αρκετό για να ολοκληρώσουμε τη μέτρηση. Όσο μεγαλύτερο είναι το δοχείο μας, τόσο πιο ακριβής θα είναι η μέτρηση, καθώς θα χρειαστεί περισσότερος χρόνος για να γεμίσει.

Είναι σημαντικό η μέτρηση του χρόνου να ξεκινήσει ακριβώς τη στιγμή που θα βάλουμε το δοχείο κάτω από την κρήνη και να σταματήσει μόνο όταν το δοχείο θα είναι πλήρως γεμάτο. Μόλις ολοκληρωθεί η μέτρηση πρέπει να διαιρέσουμε την ποσότητα του νερού με το χρόνο, ώστε να βρούμε την τιμή της παροχής σε δευτερόλεπτα. Επαναλαμβάνοντας τη μέτρηση και βρίσκοντας τον μέσο όρο (βλ. παράθεμα μέσης θερμοκρασίας, σελ. 9) μπορούμε να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα.

* Υδρομάστευση

Υδρομάστευση είναι η συλλογή και λήψη πηγαίων ή και υπόγειων υδάτων μικρού βάθους, σε επικλινή εδάφη, με την κατασκευή διάφορων τεχνικών έργων. Στην περίπτωση της κρήνης, ένα υδατοστεγές κανάλι, που ξεκινά από το σημείο που αναβλύζει το νερό από το έδαφος, οδηγεί το νερό στην κρήνη. Το κανάλι μπορεί να είναι φτιαγμένο με πέτρες, επιχρισμένο με υδατοστεγές κονίαμα και σκεπασμένο με πλάκες για την προστασία από φερτά υλικά. Σε ορισμένες κρήνες, μετά από νεότερες παρεμβάσεις, μπορεί να έχουν προστεθεί σωλήνες.

* Μέτρηση παροχής νερού

Για να υπολογίσουμε την **παροχή νερού**, πρέπει να διαιρέσουμε τον **όγκο** του δοχείου (σε λίτρα) με το **χρόνο** που χρειάστηκε για να γεμίσει το δοχείο (σε δευτερόλεπτα). Αν για να γεμίσει το δοχείο χρειάστηκε περισσότερο από ένα λεπτό, θα χρειαστεί να μετατρέψουμε τα λεπτά σε δευτερόλεπτα.

Π.χ. Δοχείο 5 λίτρων γεμίζει σε 3 λεπτά και 45 δευτερόλεπτα

$$\frac{5\ \text{λίτρα}}{3\ \text{λεπτά και}\ 45\ \text{δευτερόλεπτα}} = \frac{5\ \text{λίτρα}}{(3 \times 60) + 45} = \frac{5\ \text{λίτρα}}{180 + 45} =$$

$$= \frac{5\ \text{λίτρα}}{225\ \text{δευτερόλεπτα}} = 0{,}022\ \text{λίτρα/δευτερόλεπτο}$$

Μέτρηση pH νερού

Γιατί είναι σημαντικό

Το pH είναι μία **κλίμακα*** από το 0 έως το 14 που δείχνει πόσο όξινο ή βασικό είναι ένα διάλυμα, με τα πιο όξινα διαλύματα να βρίσκονται προς το 0 της κλίμακας και τα πιο βασικά προς το 14. Τα ουδέτερα διαλύματα βρίσκονται στη μέση της κλίμακας με τιμή pH 7. Τα **όξινα** διαλύματα έχουν χαρακτηριστική ξινή γεύση, μπορεί να προκαλέσουν εγκαύματα στο δέρμα, διαλυτοποιούν τα ασβεστολιθικά πετρώματα και γυαλίζουν τις μεταλλικές επιφάνειες αφαιρώντας τα οξείδια που σχηματίζονται στην επιφάνειά τους. Κοινά οξέα είναι το κιτρικό οξύ που βρίσκεται στο χυμό του λεμονιού, το οξικό οξύ που βρίσκεται στο ξύδι, το υδροχλωρικό οξύ που βρίσκεται σε οικιακά καθαριστικά για την αφαίρεση των αλάτων. Τα **βασικά** διαλύματα έχουν χαρακτηριστική πικρή γεύση, σαπωνοειδή

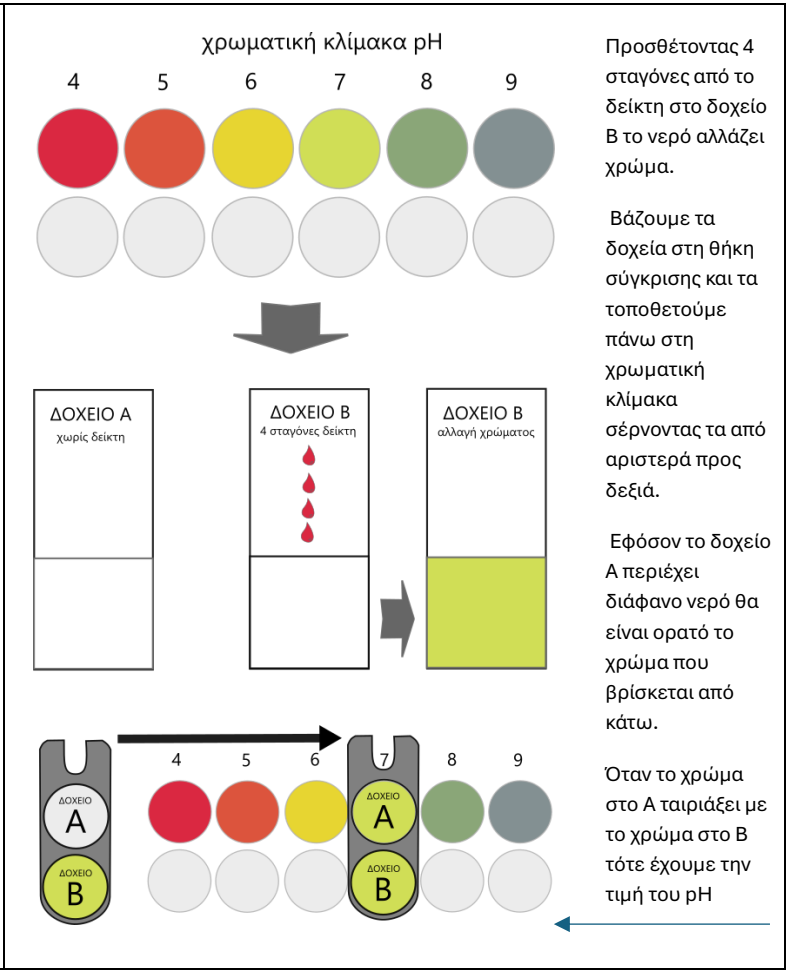
υφή και είναι καυστικά για το ανθρώπινο δέρμα και τους ζωντανούς οργανισμούς. Ωστόσο οι ασθενείς βάσεις (με pH κοντά στο 7) χρησιμοποιούνται ως καθαριστικά που αφαιρούν τα λίπη. Κοινές βάσεις είναι η αμμωνία, η χλωρίνη κ.α. Χαρακτηριστική ιδιότητα των οξέων και των βάσεων είναι ότι αλληλοεξουδετερώνονται όταν έρθουν σε επαφή, σχηματίζοντας νερό και άλατα.

Το pH επηρεάζει τις γεωχημικές και βιοχημικές διεργασίες που συμβαίνουν στο νερό και επηρεάζουν τους ζωντανούς οργανισμούς, αλλά μπορεί να επηρεάσει και ανθρωπογενείς κατασκευές όπως δίκτυα ύδρευσης και αποχέτευσης και δομικά έργα. Οι περισσότεροι υδρόβιοι οργανισμοί ευδοκιμούν σε μια μικρή περιοχή διακυμάνσεων του pH. Σε γενικές γραμμές, σε τιμές μικρότερες από 6,5 (όξινο περιβάλλον) και μεγαλύτερες από 8,0 (βασικό περιβάλλον) οι υδρόβιοι οργανισμοί δέχονται περιβαλλοντική πίεση. Το pH του νερού μπορεί να κυμαίνεται από pH 6 έως 9 με συνηθέστερη τιμή κοντά στο 7,7.

Πώς μετράμε το pH νερού

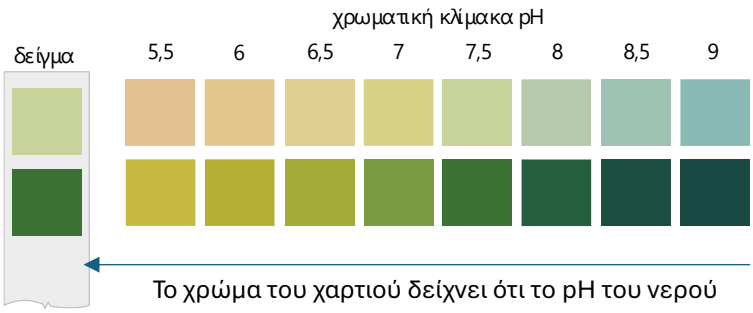
Μια από τις ιδιότητες των οξέων και των βάσεων είναι να αλλάζουν το χρώμα συγκεκριμένων ουσιών που ονομάζονται δείκτες. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να προσδιορίσουμε την οξύτητα ενός διαλύματος, είτε με ακρίβεια (την ακριβή τιμή του pH), είτε μέσα σε

ένα εύρος τιμών, ανάλογα με το χρώμα που παίρνει ο δείκτης. Οι δείκτες είτε προστίθενται στο διάλυμα χρωματίζοντάς το (**εικ. 7**), είτε βρίσκονται εμποτισμένοι σε ένα χαρτί που βυθίζουμε στο διάλυμα και το οποίο αλλάζει χρώμα σύμφωνα με το pH του διαλύματος. Ανάλογα με το χρώμα μπορούμε να προσδιορίσουμε το pH μέσω μιας κατάλληλης χρωματικής κλίμακας (**εικ. 8**).



εικόνα 7

εικόνα 8



Το χρώμα του χαρτιού δείχνει ότι το pH του νερού είναι 7,5.

Αν δεν μπορείτε να επιλέξετε με βάση το χρώμα ανάμεσα σε δύο θέσεις αυτό σημαίνει ότι η τιμή του pH βρίσκεται σε κάποια ενδιάμεση τιμή (π.χ. 7,8).

Μέτρηση ολικής σκληρότητας νερού

Γιατί είναι σημαντικό

Ολική σκληρότητα νερού ονομάζεται η συγκέντρωση ιόντων στο νερό με τη μορφή ανθρακικών αλάτων, κυρίως ιόντων ασβεστίου (Ca^{2+}) που προκύπτουν από ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$), και ιόντων μαγνησίου (Mg^{2+}) που προκύπτουν από ανθρακικό μαγνήσιο ($MgCO_3$). Τα ιόντα διαλύονται στο νερό στους υπόγειους υδροφορείς, ανάλογα με το **είδος των πετρωμάτων*,** σε μικρότερο ή μεγαλύτερο

Είδος πετρωμάτων υδροφορέα (1)

* Τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου βρίσκονται σε όλα τα φυσικά και μη ρυπασμένα αποθέματα νερού. Τα ιόντα διαλύονται στο νερό όταν το διοξείδιο του άνθρακα που βρίσκεται διαλυμένο στο νερό αφαιρεί υδρογονοανθρακικά ιόντα (HCO_3^-) από **ασβεστολιθικά πετρώματα** όπως ασβεστόλιθος, δολομίτης, μάρμαρο, γύψος, κιμωλία. →

* Είδος πετρωμάτων υδροφορέα (2)

→ Αποθέματα νερού που βρίσκονται σε **ασβεστολιθικά πετρώματα** έχουν **μεγάλες συγκεντρώσεις** ιόντων, ενώ αποθέματα νερού που βρίσκονται σε **ψαμμιτικά πετρώματα** έχουν **χαμηλές συγκεντρώσεις**. Επίσης, οι τιμές μπορεί να είναι υψηλές αν το νερό απορρέει διαμέσου χωματερών ή αγροτικών περιοχών που λιπαίνονται.

βαθμό, ή εισέρχονται στους υδροφορείς μέσω των επιφανειακών υδάτων, αφού έχουν εμπλουτιστεί με ανθρακικά άλατα από φυσικές πηγές ή από ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Η λέξη «σκληρότητα» παραπέμπει στη ιδιότητα των ιόντων ασβεστίου να μειώνουν την καθαριστική ικανότητα του σαπουνιού, καθώς σχηματίζουν έναν δυσδιάλυτο αφρό που ξεπλένεται δύσκολα. Συνηθισμένη **μονάδα μέτρησης της σκληρότητας του νερού*** είναι τα μιλιγραμμάρια $CaCO_3$ ανά λίτρο νερού (mg/L), ή μέρη ανά εκατομμύριο (ppm), ή αμερικανικός βαθμός. Σκληρό νερό θεωρείται το νερό που περιέχει περισσότερα από 151 mg ιόντων ανά L νερού,

* Μονάδες μέτρησης σκληρότητας νερού

Υπάρχουν διαφορετικές **μονάδες μέτρησης σκληρότητας**. Στον πίνακα φαίνονται οι ονομασίες, οι συμβολισμοί και οι κατά προσέγγιση αντιστοιχίες ανάμεσα στις μονάδες.

	1 Αμερικανικός βαθμός (ppm, mg/L)	1 Αγγλικός βαθμός (°e, °Clark)	1 Γερμανικός βαθμός (dGH, °dH)	1 Γαλλικός βαθμός (°fH, °f)
Αμερικανικοί βαθμοί (ppm, mg/L)	1	14	18	10
Αγγλικοί βαθμοί (°e, °Clark)	0,07	1	1,3	0,7
Γερμανικοί βαθμοί (dGH, °dH)	0,06	0,8	1	0,6
Γαλλικοί βαθμοί (°fH, °f)	0,1	1,4	1,8	1
πχ. **1** °e = **14** mg/L = **0,8** °dH = **1,4** °fH				

και μαλακό όταν η περιεκτικότητα σε ιόντα βρίσκεται κάτω από 75 mg/L, αν και οι κατηγοριοποιήσεις αυτές δεν είναι απόλυτες (**εικ. 9**).

Το σκληρό νερό δημιουργεί προβλήματα στα δίκτυα ύδρευσης, καθώς τα άλατα επικάθονται σε σωληνώσεις, είδη υγιεινής και συσκευές, προκαλώντας ζημιές και αποφράξεις, και ακόμα περισσότερο στο δίκτυο θερμού νερού και στις αντίστοιχες συσκευές (θερμοσίφωνες, πλυντήρια). Αντιθέτως, το πολύ μαλακό νερό είναι διαβρωτικό για τα μέταλλα. Το μέτρια σκληρό νερό δημιουργεί ένα λεπτό προστατευτικό στρώμα αλάτων στις σωληνώσεις, με αποτέλεσμα να προστατεύονται από τη διάβρωση.

Για τον ανθρώπινο οργανισμό είναι απαραίτητη η πρόσληψη ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου, συνεπώς ένα μέτρια σκληρό νερό (150 mg/L) μπορεί να καλύψει ένα μέρος της **Συνιστώμενης Ημερήσιας Πρόσληψης*.**

εικόνα 9

ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ σε mg/L	
Απιονισμένο	0
Μαλακό	<75
Μέτρια σκληρό	76-150
Σκληρό	151– 300
Πολύ σκληρό	>300
Θαλασσινό	~6000

* Συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη

Για τους ενήλικες κάτω των 50 ετών, η **Συνιστώμενη Ημερήσια Πρόσληψη** (ΣΗΠ) ασβεστίου είναι 1000 mg (1 γραμμάριο) την ημέρα. Πίνοντας τρία λίτρα μέτρια σκληρού νερού (150 mg/L), έχετε προσλάβει 450 mg ασβεστίου, ενώ μία μερίδα γαλακτοκομικών προϊόντων προσφέρει περίπου 300 mg ασβεστίου.

Η ολική σκληρότητα του εμφιαλωμένου νερού κυμαίνεται από 80 έως 400 mg/L, ενώ στην **εικόνα 10** φαίνονται οι τιμές ολικής σκληρότητας και οι τιμές του pH σε πηγές στην περιοχή των Μαστοροχωρίων Κόνιτσας.

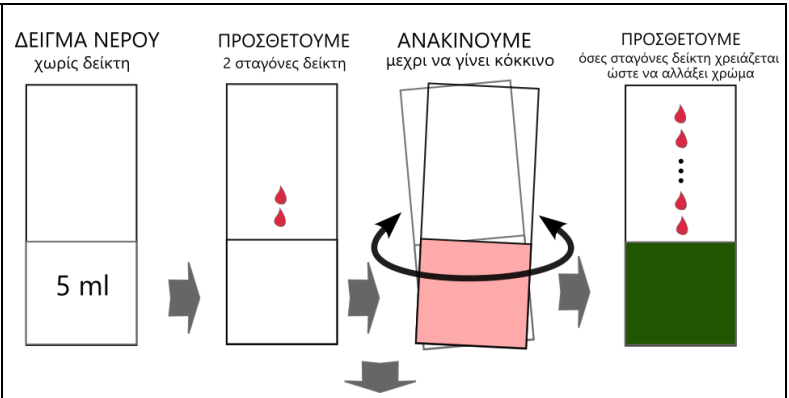
εικόνα 10

ΘΕΣΗ	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (mg/L)	pH
ΑΓΙΑ ΤΡΙΑΔΑ (ΠΥΡΓΟΣ)	264	7,9
ΡΑΧΗ ΣΤΟ ΠΗΓΑΔΙ (ΠΥΡΓΟΣ)	231	7,87
ΒΡΥΣΗ ΞΟΥΛΙΑ	220	7,85
ΒΑΘΥΛΑΚΚΟΣ	153	8,33
ΓΕΦΥΡΑ ΣΑΡΑΝΤΑΠΟΡΟΥ	177	8,16
ΒΟΥΡΚΟΠΟΤΑΜΟΣ	158	8,58
ΑΓΙΟΣ ΘΕΟΔΟΣΙΟΣ (ΠΗΓΑΔΟΥΛΙΑ)	299	7,76

Πώς μετράμε την ολική σκληρότητα νερού

Για να μετρήσουμε την ολική σκληρότητα του νερού χρησιμοποιούμε ένα **δείκτη (εικ. 11)**, ο οποίος χρωματίζει το νερό με κόκκινο χρώμα,

εικόνα 11



Αν προσθέσαμε 2 σταγόνες αρχικά και άλλες 8 στη συνέχεια τότε η ολική σκληρότητα είναι 10 °dH δηλαδή 180 mg $CaCO_3$.

Στην πραγματικότητα στα 180 mg/L περιέχεται και ανθρακικό μαγνήσιο $MgCO_3$, ωστόσο για λόγους απλούστευσης θεωρούμε ότι όλα τα ιόντα προέρχονται από το ανθρακικό ασβέστιο.

όταν υπάρχουν στο νερό ελεύθερα ιόντα. Συνεχίζοντας να προσθέτουμε τον δείκτη σταγόνα - σταγόνα, όταν δεσμευτούν όλα τα ελεύθερα ιόντα από τον δείκτη, τότε το χρώμα αλλάζει σε πράσινο. Σε ένα δείγμα νερού 5 ml, κάθε σταγόνα του δείκτη αντιστοιχεί σε 1 °dH ή σε 18 mg/L.

Ένας έμμεσος τρόπος να εκτιμήσουμε την ολική σκληρότητα του νερού είναι μέσω τις ηλεκτρικής **αγωγιμότητας***, δηλαδή πόσο ρεύμα μπορεί να διαπεράσει το νερό. Το απιονισμένο νερό, επειδή δεν περιέχει διαλυμένα στερεά και ιόντα, είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού. Με την κατάλληλη συσκευή (αγωγιμόμετρο) μπορούμε να μετρήσουμε την αγωγιμότητα του νερού και να βγάλουμε ένα συμπέρασμα για την περιεκτικότητά του σε διαλυμένα στερεά, ανόργανα και οργανικά, μεταξύ τους και ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου (Ολικά Διαλυμένα Στερεά (Ο.Δ.Σ.)). Όσο περισσότερα διαλυμένα στερεά και ιόντα περιέχονται στο νερό, τόσο μεγαλύτερες τιμές αγωγιμότητας θα παρατηρούνται. Μεγάλες τιμές Ο.Δ.Σ. θα σημαίνουν και μεγάλη ολική σκληρότητα.

* Αγωγιμότητα

Η **ηλεκτρική αγωγιμότητα** του νερού μετριέται σε μονάδες Siemens ανά μέτρο (S/m) αλλά συνηθέστερα σε μικροsiemens ανά εκατοστό (μS/cm). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (G) είναι το αντίστροφο της αντίστασης ($G = \frac{1}{R} = \frac{I}{V}$) και δείχνει πόσο ρεύμα (I) περνάει για ορισμένη διαφορά τάσης (V). Η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (Ε. Η. Α.) είναι η αγωγιμότητα σε θερμοκρασία (T) 25 °C.

Το βρόχινο νερό εμφανίζει χαμηλή ειδική αγωγιμότητα (10-250 μS/cm), ενώ το νερό υδροφορέων μικρού βάθους έχει τιμές από 400 έως 800 μS/cm. Σε βαθύτερους υδροφορείς οι τιμές μπορεί να κυμαίνονται από 1000 έως και περισσότερο από10000 μS/cm. Η μεγάλη αύξηση των τιμών σε σώματα νερού μπορεί να είναι σημάδι ρύπανσης.

* Αγωγιμότητα

Για τον υπολογισμό της Ειδικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και η θερμοκρασία του νερού σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$\text{E.H.A.}\,(25\,°\text{C}) = \frac{\text{G}}{1 + [0{,}0191 \times (\text{T} - 25)]}$$

π.χ αν έχουμε μέτρηση $\text{G} = 2500\ \mu\text{S/cm}$ στους $20\,°\text{C}$ τότε η $\text{E.H.A.}\,(25\,°\text{C})$ είναι:

$$\text{E.H.A.}\,(25\,°\text{C}) = \frac{2500}{1 + [0{,}0191 \times (20 - 25)]} = \frac{2500}{1 + [0{,}0191 \times (-5)]} =$$

$$= \frac{2500}{1 + (-0{,}9555)} = \frac{2500}{1 - 0{,}9555} = \frac{2500}{0{,}9045} = 2764\ \mu\text{S/cm}$$

Για να εκτιμήσουμε τα Ολικά Διαλυμένα Στερεά (Ο.Δ.Σ.) χρησιμοποιούμε τη σχέση:

$$\text{O.Δ.Σ.} = \text{E.H.A.} \times 0{,}65$$

Εφαρμόζοντας στις παραπάνω μετρήσεις βρίσκουμε:

$$\text{O.Δ.Σ.} = 2764 \times 0{,}65 = 1797\ \text{mg/L}$$

Μέτρηση ιόντων νερού

Γιατί είναι σημαντικό

Εκτός από τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου, στο νερό είναι πιθανό να υπάρχουν και άλλα ιόντα, όπως τα νιτρικά (NO_3^-), τα νιτρώδη (NO_2^-), τα φωσφορικά (PO_4^{3-}) και το αμμώνιο (NH_4^+).

Τα νιτρικά ιόντα βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα σε φυσικό μη ρυπασμένο νερό (μεταξύ 0,4 και 8 mg/L), ενώ τα νιτρώδη βρίσκονται

σε μέγιστη συγκέντρωση 0,1 mg/L. Όταν το νερό ρυπαίνεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως η αποσύνθεση οργανικών υπολειμμάτων από απορρίμματα και ζωικές απεκκρίσεις της κτηνοτροφίας, ή από λιπάσματα, τα επίπεδα νιτρικών ιόντων μπορεί να φτάσουν από 50 έως και 150 mg/L. Το **όριο ασφαλείας (εικ. 12)** που έχει τεθεί για τα νιτρικά, σύμφωνα με ελληνικές και διεθνείς οδηγίες είναι τα 50 mg/L.

Τα νιτρικά ιόντα δεν είναι τοξικά για τον άνθρωπο ή τα ζώα, ωστόσο στο ανθρώπινο σώμα και κυρίως στο πεπτικό σύστημα, κάποια βακτήρια σχηματίζουν νιτρώδη ιόντα (NO_2^-) από νιτρικά (NO_3^-). Τα νιτρώδη ιόντα είναι άκρως τοξικά για τον άνθρωπο και τα ψάρια, καθώς όταν εισέρχονται στο αίμα μπορεί να οδηγήσουν σε ασφυξία. Το **όριο ασφαλείας (εικ. 12)** που έχει τεθεί για τα νιτρώδη σύμφωνα με ελληνικές οδηγίες είναι τα 0,5 mg/L. Τα νιτρώδη ιόντα μπορούν να προκύψουν και από τη διάσπαση του αμμωνίου.

Το αμμώνιο (ή αμμωνιακό ιόν) βρίσκεται σε συγκεντρώσεις κάτω του 0,1 mg/L στο φυσικό μη ρυπασμένο νερό. Υψηλότερες συγκεντρώσεις μπορεί να είναι ενδεικτικές για ρύπανση των υδροφορέων με νερό αποχετευτικών συστημάτων ή με απόβλητα της κτηνοτροφίας, δεδομένου ότι το αμμωνιακό ιόν μπορεί να σχηματιστεί κατά την αποσύνθεση ανθρώπινων και ζωικών απεκκριμάτων. Οι τιμές του αμμωνίου σε ρυπασμένο νερό μπορεί να φτάσουν τα 10 mg/L. Το **όριο ασφαλείας (εικ. 12)** είναι τα 0,5 mg/L. Σε τιμές pH μεγαλύτερες του 7, το αμμώνιο μπορεί να σχηματίσει αμμωνία, η οποία είναι τοξική για τα ψάρια και άλλους οργανισμούς.

Ένας ακόμα δείκτης ρύπανσης των υδάτων με νερό αποχετευτικών συστημάτων ή με απόβλητα της κτηνοτροφίας είναι και τα φωσφορικά ιόντα (PO_4^{3-}). Η συγκέντρωσή τους σε φυσικό μη ρυπασμένο νερό είναι κάτω από 0,1 mg/L (συχνά και κάτω από 0,03 mg/L). Αν η συγκέντρωση ξεπερνά τα 0,3 mg/L τότε υπάρχει ισχυρή

ένδειξη ρύπανσης. Τη συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων μπορούν να την αυξήσουν και τα χημικά λιπάσματα. Σε κάποιες περιπτώσεις η συγκέντρωση των φωσφορικών μπορεί να οφείλεται σε γεωλογικούς παράγοντες, με τιμές που να φτάνουν έως και 7 mg/L, ωστόσο σε αυτή την περίπτωση οι τιμές θα είναι σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Στην περίπτωση ρύπανσης από χημικά λιπάσματα ή απόβλητα κτηνοτροφίας, οι τιμές θα εμφανίζουν μεγάλες διακυμάνσεις. Για τα φωσφορικά ιόντα δεν ορίζεται παραμετρική τιμή **(εικ. 12).**

Τα αυξημένα επίπεδα φωσφορικών στο νερό δημιουργούν, στα στάσιμα νερά των λιμνών, το φαινόμενο του **ευτροφισμού (εικ. 13)**. Τα επιφανειακά και υπόγεια νερά συγκεντρώνονται στις λίμνες, αφού έχουν εμπλουτιστεί στην πορεία τους με φωσφορικά ιόντα, κυρίως από χημικά λιπάσματα. Εκεί ευνοούν την έντονη ανάπτυξη υδρόβιων φυτικών οργανισμών όπως οι άλγες, δίνοντας στο νερό ένα πρασινωπό χρώμα. Η οργανική αποσύνθεση των αλγών από βακτήρια που καταναλώνουν οξυγόνο, μειώνουν τα επίπεδα οξυγόνου στο νερό, με αποτέλεσμα να πεθαίνουν τα ψάρια.

Παρόλο που ο φώσφορος είναι απαραίτητος για τον ανθρώπινο οργανισμό η παρουσία του στο νερό με τη μορφή φωσφορικών ιόντων μπορεί να οδηγήσει σε πεπτικές διαταραχές.

εικόνα 12

ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗΣ ΦΕΚ Β 3525/25.5.2023	
Νιτρικά	50 mg/L
Νιτρώδη	0,5 mg/L
Αμμώνιο	0,5 mg/L
Φωσφορικά	Δεν ορίζεται παραμετρική τιμή
pH	από 6,5 έως 9,5
Αγωγιμότητα	2500 μS/cm

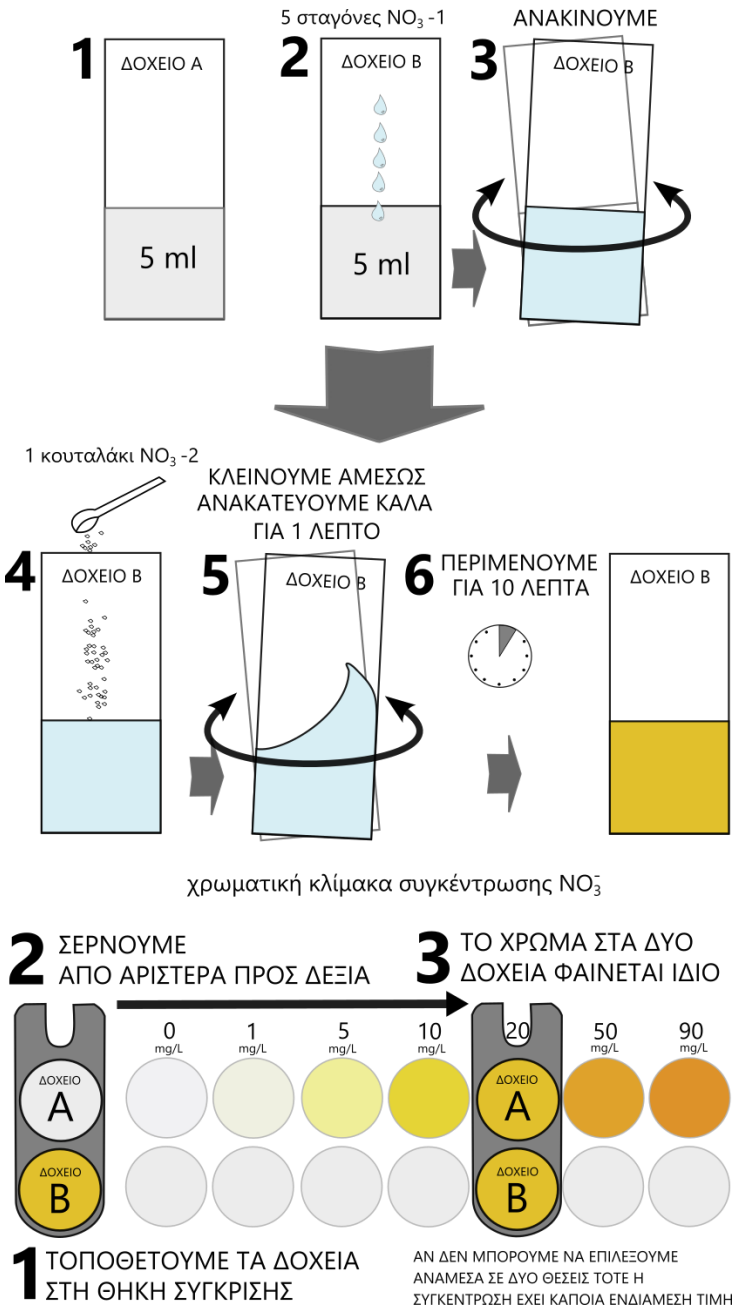
εικόνα 13	

Πώς μετράμε τα ιόντα νερού

Η μέτρηση των νιτρικών, νιτρωδών, αμμωνιακών και φωσφορικών ιόντων γίνεται μέσω χημικών αντιδράσεων που αλλάζουν το χρώμα του δείγματος και με την κατάλληλη χρωματική κλίμακα μπορεί να υπολογιστεί η συγκέντρωσή τους στο νερό. Η διαδικασία είναι παρόμοια με τη διαδικασία μέτρησης του pH (**εικ. 7**).

Για τη μέτρηση των νιτρικών θα χρειαστεί να συγκρίνουμε ένα καθαρό δείγμα νερού 5 ml με ένα δείγμα στο οποίο θα προσθέσουμε ουσίες που αλλάζουν το χρώμα του δείγματος. Κατά διάρκεια των μετρήσεων πρέπει να αποφεύγεται η επαφή με το δέρμα, το στόμα και τα μάτια, καθώς κάποιες ουσίες μπορεί να είναι ερεθιστικές. Στην **εικόνα 14** περιγράφεται βήμα-βήμα η διαδικασία μέτρησης της συγκέντρωσης των νιτρικών. Για τη μέτρηση των συγκεντρώσεων των ιόντων, παρόλο που οι χημικές αντιδράσεις είναι συγκεκριμένες, είναι καλό να ακολουθούνται οι οδηγίες της κάθε διαδικασίας ελέγχου.

εικόνα 14


1
ΔΟΧΕΙΟ Α
5 ml
5 σταγόνες NO_3 -1
2
ΔΟΧΕΙΟ Β
5 ml
ΑΝΑΚΙΝΟΥΜΕ
3
ΔΟΧΕΙΟ Β
1 κουταλάκι NO_3 -2
ΚΛΕΙΝΟΥΜΕ ΑΜΕΣΩΣ
ΑΝΑΚΑΤΕΥΟΥΜΕ ΚΑΛΑ
ΓΙΑ 1 ΛΕΠΤΟ
4
ΔΟΧΕΙΟ Β
5
ΔΟΧΕΙΟ Β
6
ΠΕΡΙΜΕΝΟΥΜΕ
ΓΙΑ 10 ΛΕΠΤΑ
ΔΟΧΕΙΟ Β
χρωματική κλίμακα συγκέντρωσης NO_3^-
2
ΣΕΡΝΟΥΜΕ
ΑΠΟ ΑΡΙΣΤΕΡΑ ΠΡΟΣ ΔΕΞΙΑ
3
ΤΟ ΧΡΩΜΑ ΣΤΑ ΔΥΟ
ΔΟΧΕΙΑ ΦΑΙΝΕΤΑΙ ΙΔΙΟ
0 mg/L
1 mg/L
5 mg/L
10 mg/L
20
50 mg/L
90 mg/L
ΔΟΧΕΙΟ A
ΔΟΧΕΙΟ B
ΔΟΧΕΙΟ A
ΔΟΧΕΙΟ B
1
ΤΟΠΟΘΕΤΟΥΜΕ ΤΑ ΔΟΧΕΙΑ
ΣΤΗ ΘΗΚΗ ΣΥΓΚΡΙΣΗΣ
ΑΝ ΔΕΝ ΜΠΟΡΟΥΜΕ ΝΑ ΕΠΙΛΕΞΟΥΜΕ
ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΔΥΟ ΘΕΣΕΙΣ ΤΟΤΕ Η
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΕΧΕΙ ΚΑΠΟΙΑ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΤΙΜΗ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ

ΘΕΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ & ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ (°C)

ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ

ΘΕΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ & ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ (°C)

ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ

ΘΕΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ & ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ (°C)

ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΝΕΡΟΥ

ΘΕΣΗ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ & ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ (°C)

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ

ΘΕΣΗ & ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΟΓΚΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (L)	ΧΡΟΝΟΣ (s)	ΠΑΡΟΧΗ (L/s)

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ

ΘΕΣΗ & ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΟΓΚΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (L)	ΧΡΟΝΟΣ (s)	ΠΑΡΟΧΗ (L/s)

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ

ΘΕΣΗ & ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΟΓΚΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (L)	ΧΡΟΝΟΣ (s)	ΠΑΡΟΧΗ (L/s)

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΝΕΡΟΥ

ΘΕΣΗ & ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΟΓΚΟΣ ΔΟΧΕΙΟΥ (L)	ΧΡΟΝΟΣ (s)	ΠΑΡΟΧΗ (L/s)

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

ΘΕΣΗ & ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	pH	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	
		°dH	mg/L [$°dH\ x\ 18$]

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

ΘΕΣΗ & ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	pH	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	
		°dH	mg/L [$°dH\ x\ 18$]

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

ΘΕΣΗ & ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	pH	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	
		°dH	mg/L [$°dH\ x\ 18$]

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

ΘΕΣΗ & ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	pH	ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	
		°dH	mg/L [°dH x 18]

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

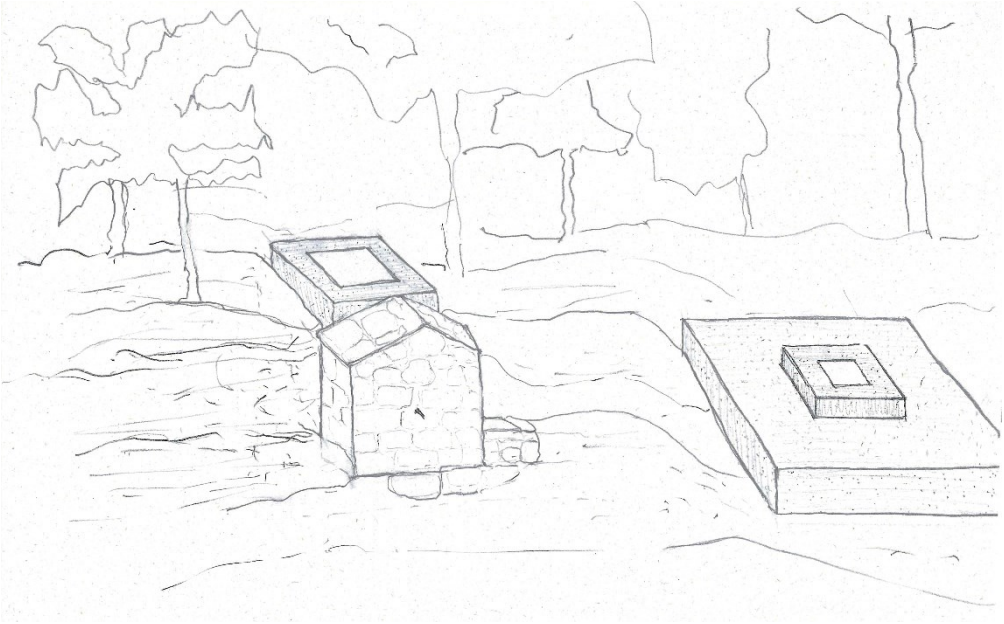
ΘΕΣΗ & ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΙΟΝΤΑ σε mg/L			
	ΝΙΤΡΙΚΑ NO_3^-	ΝΙΤΡΩΔΗ NO_2^-	ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ PO_4^{3-}	ΑΜΜΩΝΙΟ NH_4^+

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

ΘΕΣΗ & ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΙΟΝΤΑ σε mg/L			
	ΝΙΤΡΙΚΑ NO_3^-	ΝΙΤΡΩΔΗ NO_2^-	ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ PO_4^{3-}	ΑΜΜΩΝΙΟ NH_4^+

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

ΘΕΣΗ & ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΙΟΝΤΑ σε mg/L			
	ΝΙΤΡΙΚΑ NO_3^-	ΝΙΤΡΩΔΗ NO_2^-	ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ PO_4^{3-}	ΑΜΜΩΝΙΟ NH_4^+

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

ΘΕΣΗ & ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ	ΙΟΝΤΑ σε mg/L			
	ΝΙΤΡΙΚΑ NO_3^-	ΝΙΤΡΩΔΗ NO_2^-	ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ PO_4^{3-}	ΑΜΜΩΝΙΟ NH_4^+