



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΕΤΑΛΛΕΙΟΛΟΓΩΝ –ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΣΕ ΝΕΡΑ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ζαννίκος Ευάγγελος

Επιβλέπων Καθηγητής: Νικόλαος Τζαμτζής–Πιλάλης

Αθήνα 2023

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί την διπλωματική μου εργασία, η οποία εκπονήθηκε στα πλαίσια του παρεχόμενου κατ' επιλογή μαθήματος από την Σχολή Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ «Αναλυτική Χημεία και ΦΜΑ» στη Σχολή των ΜΜΜ, στο τελευταίο έτος σπουδών προκειμένου να ολοκληρωθεί η φοίτησή μου και να λάβω το πτυχίο μου από την σχολή «Μεταλλειολόγων-Μεταλλουργών Μηχανικών» του ΕΜΠ.

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής υλοποιήθηκε στο εργαστήριο Ενόργανης Χημικής Ανάλυσης της Σχολής Χημικών Μηχανικών. Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όσους στάθηκαν δίπλα μου με κάθε τρόπο και με βοήθησαν στην ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστώ τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής, την κυρία Περάκη καθηγήτρια της σχολής Μεταλλειολόγων Μεταλλουργών Μηχανικών, την κυρία Κόλλια καθηγήτρια της σχολής Χημικών Μηχανικών, για το χρόνο που αφιέρωσαν στην εξέταση και διόρθωση της διπλωματικής μου εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες απευθύνω στο μέλος της εξεταστικής μου επιτροπής και επιβλέποντα καθηγητή κ. Νικόλαο Τζαμτζή-Πιλάλη για την ανάθεση του εξαιρετικά ενδιαφέροντος θέματος, την καθοδήγησή του και τις πολύτιμες κατευθύνσεις, που μου παρείχε σε όλη την διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την κ. Λαμπρινή-Αρετή Τσακανίκα, ΕΔΙΠ της Σχολής Χημικών Μηχανικών στον Τομέα Χημικών Επιστημών, για την πολύτιμη εργαστηριακή βοήθειά της καθ' όλη την διάρκεια της παρούσας διπλωματικής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το νερό, απαραίτητο κοινό αγαθό για τη ζωή και τις δραστηριότητες σε διάφορους τομείς, πρέπει να προστατεύεται και να χρησιμοποιείται με βιώσιμο τρόπο, από την άποψη ποιότητας και ποσότητας. Για τη διασφάλιση της βιώσιμης χρήσης του νερού μακροπρόθεσμα έχει θεσπιστεί νομικό πλαίσιο, που μεταξύ άλλων καθορίζει παραμέτρους ελέγχου για την εξέλιξη της ποιότητάς του.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο έλεγχος ενός συνόλου φυσικοχημικών παραμέτρων που χαρακτηρίζουν την ποιότητα του δικτύου ύδρευσης Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, με χρήση αναλυτικών μεθόδων και τεχνικών. Στην συνέχεια τα αποτελέσματα συγκρίνονται με αυτά παλαιότερων αναλύσεων όπως επίσης συγκρίνονται με τις παραμέτρους του νερού δικτύου ΕΥΔΑΠ. Επίσης γίνεται επιπλέον σύγκριση με αποτελέσματα προηγούμενων ελέγχων ποιότητας νερού (2007).

Πιο συγκεκριμένα εξετάστηκαν σε όλα τα δείγματα που συλλέχθηκαν από έξι διαφορετικά σημεία της Πολυτεχνειούπολης οι παρακάτω παράμετροι με χρήση:

- Ηλεκτρομετρικών μεθόδων: pH, αγωγιμότητα, ολικά διαλελυμένα στερεά.
- Τιτλοδοτικής ηλεκτρομετρίας με ηλεκτρόδιο Redox: προσδιορισμός χλωριόντων.
- Τιτλοδοτικής πεχαμετρίας: ολική σκληρότητα.
- Φασματομετρίας ορατού υπεριώδους: προσδιορισμός ιόντων αμμωνίου, νιτρικών, νιτρωδών, υπολειμματικού χλωρίου.
- Φασματομετρίας ατομικής απορρόφησης: προσδιορισμός νατρίου, καλίου, ασβεστίου, μαγνησίου, ψευδαργύρου.

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την πειραματική διαδικασία και την επεξεργασία τους έδειξαν ότι το νερό του δικτύου της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, κατατάσσεται σε σκληρό νερό με αυξημένες παραμετρικές τιμές ασβεστίου, μαγνησίου και ψευδάργυρου. Όλα τα δείγματα βρίσκονται εντός προδιαγραφών ποσίμου νερού. Επίσης η τιμή της συγκέντρωσης υπολειμματικού χλωρίου έδειξε την ανάγκη για καλύτερη παρακολούθηση, για την επίτευξη σταθερής συγκέντρωσης της συγκεκριμένης παραμέτρου σε όλο το δίκτυο της Πολυτεχνειούπολης. Κατά συνεπεία είναι αναγκαίος ο συστηματικός έλεγχος

φυσικοχημικών κυρίως παραμέτρων της ποιότητας του νερού σε διαφορετικές εποχικές συνθήκες για τη διασφάλιση της ποιότητας στο δίκτυο της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου.

Λέξεις Κλειδιά: Έλεγχος ποιότητας νερού, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου.

ABSTRACT

Water, an essential common good for life and activities in various sectors, must be protected and used sustainably, in terms of quality and quantity. In order to ensure the sustainable use of water in the long term, a legal framework has been established, which, among other things, sets control parameters for the evolution of water quality. The purpose of this diploma thesis was to check a part of physicochemical water supply network quality parameters of the Zografou University Campus, using analytical techniques, for the feedback of the corresponding water quality data and their comparison with the water parameters of the EYDAP network. More specifically, the following parameters were examined in all samples collected from six different parts of the campus with:

- Electrometric methods: pH, conductivity, total dissolved solids.
- Titration electrometry with Redox electrode: determination of chlorides.
- Titrating pH: total hardness
- Visible ultraviolet spectrometry: determination of ammonium ions, nitrates, nitrites, residual chlorine.
- Atomic absorption spectrometry: determination of sodium, potassium, calcium, magnesium, zinc.

The results obtained from the experimental process and their treatment showed that the water of the network of the Zografou University Campus is hard water with increased parametric values of calcium, magnesium and zinc. Also, the value of residual chlorine concentration showed the need for better monitoring, to achieve a stable concentration of this parameter throughout the campus network. Therefore, it is necessary to systematically control physicochemical parameters of water quality in different seasonal conditions to ensure quality in the network of the Zografou University Campus.

Keywords: Water quality control, Zografou University Campus.

Πίνακας περιεχομένων

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	3
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
A ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	12
1. ΦΥΣΗ – ΔΟΜΗ-ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ	13
1.1. Η φύση του καθαρού νερού	13
1.2. Η δομή του μορίου του νερού.	13
1.3. Χαρακτηριστικές φυσικές και χημικές ιδιότητες του καθαρού νερού	15
2. ΦΥΣΙΚΟ ΝΕΡΟ	19
2.1. Νερά ωκεανών-θαλασσών	19
2.2. Νερό ατμοσφαιράς	22
2.3. Νερό υδατοπτώσεων	22
2.4. Νερό εδάφους-Υπόγειο νερό	24
3. ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ - ΡΥΠΑΝΣΗ	28
3.1. Ορισμοί- Κατηγορίες	28
3.2. Υδροληψία- Δίκτυο νερού	30
3.3. Χρήσεις Νερών	31
3.3.1. Νερό για Ύδρευση	31
3.3.2. Νερό για Άρδευση	32
3.3.3. Νερό για Βιομηχανική Χρήση	32
3.3.4. Νερά δικτύου περιβάλλοντος της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου	33
3.4. Ρύπανση Νερού.....	36

4. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ	38
4.1. Φυσικοχημικές παράμετροι	39
4.2. Χημικές παράμετροι	41
4.3. Μικροβιολογικές παράμετροι	44
5. ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΩΝ ...	45
5.1. Φασματοφωτομετρία υπεριώδους-ορατού φωτός (UV-VIS)	45
5.2. Φασματομετρία ατομικής απορρόφησης (AAS)	48
5.3. Συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS)	50
5.4. Αγωγιμομετρία -Πεχαμετρία	50
5.5. Τιτλοδοτική Ηλεκτρομετρία με ηλεκτρόδιο REDOX-Προσδιορισμός χλωριόντων	51
5.6. Τιτλοδοτική Πεχαμετρία -Προσδιορισμός της ολικής σκληρότητας	52
B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	54
6. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	55
7. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΡΗ, ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΟΛΙΚΩΝ ΔΙΑΛΕΛΥΜΕΝΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ .	57
7.1. Περιγραφή οργανολογίας –Μέθοδος	57
7.2. Αποτελέσματα-Σχολιασμός	59
8. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΙΤΛΟΔΟΤΙΚΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΕΤΡΙΑΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ REDOX: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ.	63
8.1. Περιγραφή οργανολογίας	63
8.2. Διαδικασία μέτρησης	64
8.3. Αποτελέσματα- Σχολιασμός	64
9. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΙΤΛΟΔΟΤΙΚΗΣ ΠΕΧΑΜΕΤΡΙΑΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΗΣ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ	70
9.1. Περιγραφή οργανολογίας	70

9.2. Μέθοδος Ανάλυσης	70
9.3. Αποτελέσματα- Σχολιασμός	71
10. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑΣ ΟΡΑΤΟΥ ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΙΟΝΤΩΝ ΑΜΜΩΝΙΟΥ, ΝΙΤΡΙΚΩΝ, ΝΙΤΡΩΔΩΝ, ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ	75
10.1. Περιγραφή οργανολογίας	75
10.2. Προσδιορισμός Αμμωνίας(ιόντων NH_4^+)-Αποτελέσματα-Σχολιασμός	77
10.3. Προσδιορισμός Νιτρωδών /Αποτελέσματα -Σχολιασμός	79
10.4. Προσδιορισμός Νιτρικών /Αποτελέσματα-Σχολιασμός	81
10.5. Προσδιορισμός υπολειμματικού χλωρίου/Αποτελέσματα-Σχολιασμός	83
11. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑΣ ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΝΑΤΡΙΟΥ, ΚΑΛΙΟΥ, ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ, ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ, ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ	86
11.1. Περιγραφή οργανολογίας	86
11.2. Προσδιορισμοί Καλίου, Νατρίου, Ασβεστίου, Μαγνησίου, Ψευδάργυρου (Κ, Na, Ca , Mg, Zn)	87
11.3. Αποτελέσματα- Σχολιασμός	88
12. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	92
13. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	96
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	97
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	99
Παράρτημα Ι Μετρήσεις τιτλοδοτήσεων για προσδιορισμό Cl^-	103
Παράρτημα ΙΙ Πρωτογενείς μετρήσεις τιτλοδοτήσεων για τον προσδιορισμό της ολικής σκληρότητας νερών.	109

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων, αναφέρεται στην προστασία των εσωτερικών επιφανειακών, μεταβατικών, παράκτιων και υπόγειων υδάτων. Αποσκοπεί στην πρόληψη και τη μείωση της ρύπανσης, την προώθηση της βιώσιμης χρήσης του νερού, την προστασία και τη βελτίωση του υδάτινου περιβάλλοντος και τον μετριασμό των επιπτώσεων των πλημμυρών και της ξηρασίας. Η οδηγία στοχεύει στην επίτευξη καλής περιβαλλοντικής κατάστασης για όλα τα ύδατα. Στα πλαίσια αυτής και για την επίτευξη των στόχων, τα κράτη-μέλη οφείλουν να συντάσσουν σχέδια διαχείρισης καθώς και ειδικά προγράμματα μέτρων.

Η οδηγία αυτή ενισχύεται από ειδικότερη νομοθεσία και από διεθνείς συμφωνίες, όπως οι οδηγίες για το πόσιμο νερό, τα ύδατα κολύμβησης, τις πλημμύρες, καθώς και τη θαλάσσια στρατηγική [1].

Αναλύσεις ελέγχου ποιότητας νερού στο δίκτυο ύδρευσης της Πολυτεχνειούπολης που έγιναν το 2007 σε κτήρια εντός αυτής, έδειξαν συγκριτικά χαμηλότερη ποιότητα σε σχέση με το νερό δικτύου της ΕΥΔΑΠ. Από τότε είχε φανεί η αναγκαιότητα των συστηματικών ελέγχων νερού κυρίως των παραμέτρων που παρουσίαζαν αποκλίσεις από τα αντίστοιχα όρια, όπως για παράδειγμα η ολική σκληρότητα και ορισμένα μέταλλα [2].

Στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου για την κάλυψη των αναγκών σε νερό για διάφορες χρήσεις υπάρχει αυτόνομο σύστημα υδροδότησης

Στα πλαίσια της προσπάθειας μιας συστηματικής παρακολούθησης της ποιότητας του νερού της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, ανατέθηκε η παρούσα διπλωματική εργασία δίνοντας έμφαση σε ελέγχους διάφορων παραμέτρων ενδεικτικών της ποιότητας των νερών.

Η διάρθρωση της εργασίας περιλαμβάνει :

- το θεωρητικό μέρος όπου γίνεται αναφορά σε ιδιότητες, χρήσεις και δίκτυα παροχής νερού. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται σε παραμέτρους ποιότητας και αναλυτικές τεχνικές ελέγχου.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

- Το πειραματικό μέρος περιλαμβάνει αναφορά στις αναλυτικές συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση ορισμένων φυσικοχημικών παραμέτρων της ποιότητας του νερού καθώς και στις υπό μελέτη ιδιότητες.
- Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και ο σχολιασμός τους.
- Τα συμπεράσματα αποτελούν ξεχωριστή ενότητα.

Α ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

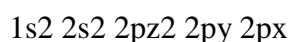
1. ΦΥΣΗ – ΔΟΜΗ-ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

1.1. Η φύση του καθαρού νερού

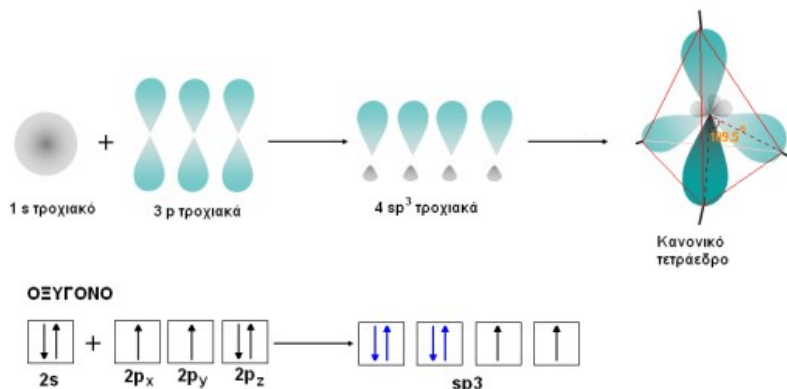
Το νερό είναι η χαρακτηριστικότερη χημική ένωση που συναντάται στη γη. Οι συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, του επιτρέπουν να βρίσκεται και στις τρεις καταστάσεις της ύλης. Το νερό είναι μια εξαιρετικά ασυνήθιστη ένωση, πολύ διαφορετική σε πολλές από τις ιδιότητες και τις πτυχές της συμπεριφοράς του από αυτή που θα περίμενε κανείς λόγω της φαινομενικά απλής του σύνθεσης και του χαμηλού μοριακού του βάρους. Αρκεί να αναφερθεί μόνο ένα παράδειγμα: η διαστολή όταν το νερό παγώνει. Αυτό είναι σχεδόν μοναδικό και έχει βαθιές επιπτώσεις για τις διαδικασίες και τη ζωή στην επιφάνεια της Γης. Είναι η πιο σημαντική χημική ένωση της γεώσφαιρας, της ατμόσφαιρας, της υδρόσφαιρας και της βιόσφαιρας, αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό του ανθρώπινου σώματος, η δε σπουδαιότητά του αποδίδεται στη χημική του δομή. Λόγω της πολύ καλής διαλυτικής του ικανότητας, το καθαρό νερό στη φύση συναντάται σπάνια.

1.2. Η δομή του μορίου του νερού.

Το μόριο του νερού περιέχει ένα άτομο οξυγόνου με δυο ηλεκτρόνια στην εσωτερική (K) στιβάδα και έξη ηλεκτρόνια στην εξωτερική (L) στιβάδα. Η ηλεκτρονική δομή του οξυγόνου είναι:

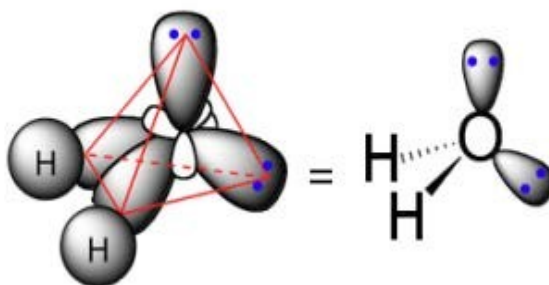


δηλαδή 2 ηλεκτρόνια στην εσωτερική στιβάδα K, 2 ηλεκτρόνια στην υποστιβάδα 2s, 2 ηλεκτρόνια στην υποστιβάδα 2p_z και από ένα ηλεκτρόνιο στις υποστιβάδες 2p_y και 2p_x. Κατά την ένωση του οξυγόνου με το υδρογόνο τα τροχιακά της εξωτερικής στιβάδας (δηλαδή οι υποστιβάδες s και p της στιβάδας L) υβριδίζονται με sp³ υβριδισμό και δημιουργούν 4 sp³ υβριδικά τροχιακά. Ο sp³ υβριδισμός συνίσταται από 4 λοβούς ισότιμους, διαμορφωμένους, ώστε τα άκρα τους να είναι κορυφές κανονικού τετραέδρου, όπου οι λοβοί σχηματίζουν μεταξύ τους γωνία 109,47°. Τα 6 εξωτερικά ηλεκτρόνια κατανέμονται πλέον ως εξής: Από 1 ζεύγος ηλεκτρονίων σε δυο λοβούς και από ένα ηλεκτρόνιο στους άλλους δυο.



Εικόνα 1-1 sp³ υβριδισμός των τροχιακών του οξυγόνου

Καθένας από τους λοβούς με τα μονήρη ηλεκτρόνια συγχωνεύεται με το 1s τροχιακό του υδρογόνου, σχηματίζοντας ένα σ ομοιοπολικό δεσμό, ενώ τα ζεύγη ηλεκτρονίων στους άλλους δυο λοβούς παραμένουν ασύζευκτα.



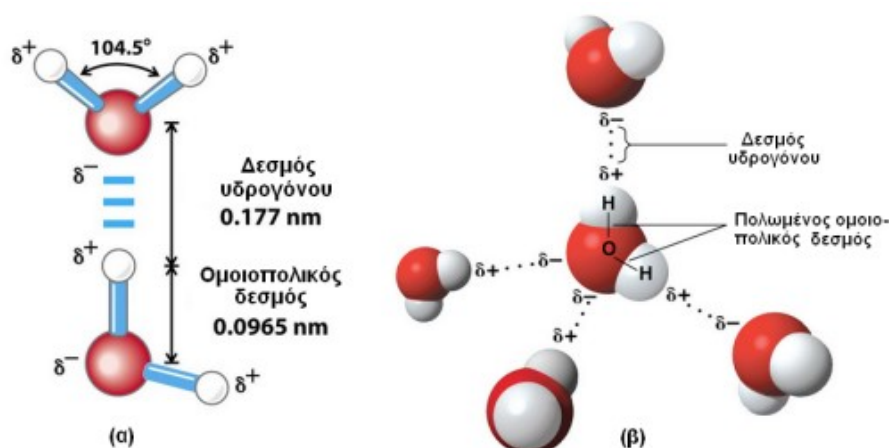
Εικόνα 1-2 Η διαμόρφωση του μορίου του νερού στο χώρο

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα:

α) την παραμόρφωση του τετράεδρου – λόγω ηλεκτρικών απώσεων – κατά τρόπο ώστε η γωνία μεταξύ των δυο sp³ λοβών του οξυγόνου που επικαλύπτονται με ισάριθμα s τροχιακά του υδρογόνου να είναι μικρότερη από αυτή του κανονικού τετράεδρου (104,45° αντί για 109,47°).

β) την εμφάνιση ανισοκατανομής του φορτίου στο μόριο του νερού με αποτέλεσμα αυτό να έχει ιδιότητες δίπολου, με αρνητικό φορτίο στην περιοχή των λοβών με τα δυο ζεύγη ασυζεύκτων ηλεκτρονίων και θετικό φορτίο στην περιοχή των δυο ατόμων υδρογόνου.

Η ανισοκατανομή του φορτίου στο μόριο του H_2O και η συμπεριφορά του ως ηλεκτρικό δίπολο του δίνει τη δυνατότητα να δημιουργεί εύκολα δεσμούς υδρογόνου. Η ενέργεια του δεσμού υδρογόνου υπολογίζεται σε περίπου 4,5 KJ/mol. Οι δεσμοί υδρογόνου εξαναγκάζουν τα μόρια του νερού σε συγκεκριμένο προσανατολισμό διευκολύνοντας έτσι το σχηματισμό νέων δεσμών υδρογόνου. Κατά μέσο όρο στους 25 °C κάθε μόριο νερού συμμετέχει σε 3,59 δεσμούς υδρογόνου. Το μήκος του δεσμού υδρογόνου είναι λίγο μικρότερο από το διπλάσιο του μήκους του ομοιοπολικού δεσμού μεταξύ υδρογόνου και οξυγόνου (Εικόνα α), ενώ στην Εικόνα β απεικονίζεται η δημιουργία δεσμών υδρογόνου στα μόρια του νερού [3].



Εικόνα 1-3 Μήκη δεσμών υδρογόνου και ομοιοπολικών δεσμών στο μόριο του νερού.

1.3. Χαρακτηριστικές φυσικές και χημικές ιδιότητες του καθαρού νερού

Το νερό στην υγρή μορφή του εμφανίζεται με ιδιαιτερότητες στις φυσικές του ιδιότητες λόγω των δεσμών υδρογόνου οι οποίοι διαμορφώνουν τα μεμονωμένα μόρια του νερού σε δομικές μονάδες πολλαπλάσιες από το απλό μόριο.

Στη φύση υπάρχουν ισότοπα του υδρογόνου (1H , 2H και 3H) και του οξυγόνου (^{16}O , ^{17}O και ^{18}O). Ο συνδυασμός αυτών των ισωτόπων στο σχηματισμό νερού μπορεί να δώσει διαφορετικούς συνδυασμούς. Η δομή του μορίου του νερού και οι δεσμοί υδρογόνου που σχηματίζονται μεταξύ των μορίων του εξηγούν πολλές από τις μοναδικές φυσικοχημικές ιδιότητές του [3].

Οι κυριότερες από αυτές είναι:

- Ειδική θερμότητα (C_p : $\text{cal}\cdot\text{g}^{-1}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$). Ειδική θερμότητα (c) ενός υλικού είναι το ποσό της θερμότητας το οποίο πρέπει να απορροφήσει ένα g του υλικού αυτού προκειμένου η θερμοκρασία του να ανέβει κατά ένα $^\circ\text{C}$. Αν πρόκειται για ρευστά, λόγω της συμπεριφοράς των, η ειδική θερμότητα διακρίνεται σε ειδική θερμότητα υπό σταθερά πίεση (c_p) και ειδική θερμότητα υπό σταθερό όγκο (c_v). Οι μικρές διαφορές θερμοκρασίας που σημειώνονται σε ημερήσια ή ακόμα και σε ετήσια βάση κοντά στη θάλασσα, σε σύγκριση με ηπειρωτικές περιοχές, αποδίδονται στην μεγάλη θερμοχωρητικότητα του νερού. Το νερό έχει την δυνατότητα να απορροφά μεγάλες ποσότητες θερμότητας με μικρή αύξηση της θερμοκρασίας του εμποδίζοντας έτσι την απότομη αύξηση της θερμοκρασίας. Αντίστοιχα, εμποδίζει και την απότομη πτώση της θερμοκρασίας απελευθερώνοντας μεγάλες ποσότητες θερμότητας στο περιβάλλον. Το νερό, δηλαδή, δρα ως εξομαλυντής των θερμοκρασιακών διαφορών στην επιφάνεια της Γης.
- Λανθάνουσα θερμότητα τήξης ($\Delta H = 79 \text{ cal}\cdot\text{g}^{-1}$). Είναι ουσιαστικά η ενέργεια που χρειάζεται για να διασπαστεί ικανός αριθμός δεσμών υδρογόνου του πάγου, – περίπου 15% – ώστε να καταστραφεί το κρυσταλλικό πλέγμα και να περάσει το νερό από τη στερεή κατάσταση στην υγρή. Η απορρόφηση ή απελευθέρωση λανθάνουσας θερμότητας τήξης έχει ως αποτέλεσμα την παρεμπόδιση αποτόμων αλλαγών θερμοκρασίας. Είναι πολύ σημαντική ιδιότητα για τη μεταφορά ενέργειας και για τη σταθερότητα του παγκοσμίου κλίματος.
- Η λανθάνουσα θερμότητα πήξης είναι μόλις το 1/7 αυτής του βρασμού. Ο λόγος είναι αρκετά χαμηλός, που σημαίνει, ότι το νερό μπορεί εύκολα να μεταπηδά από την υγρή στη στερεή μορφή. Επίσης, αυτό υποδηλώνει, ότι θα πρέπει να υπάρχουν μικρές διαφορές στο πλέγμα των δεσμών μεταξύ νερού και πάγου.
- Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης (εξαρτάται από τη θερμοκρασία, στους 20°C είναι $585 \text{ cal}\cdot\text{g}^{-1}$). Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία, τόσο μικραίνει η λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης, διότι έχει λιγότερους δεσμούς υδρογόνου να διασπάσει. Το εν λόγω μέγεθος καταλήγει στους $540 \text{ cal}\cdot\text{g}^{-1}$ στο σημείο βρασμού. Λανθάνουσα θερμότητα βρασμού ($\Delta H = 540 \text{ cal}\cdot\text{g}^{-1}$). Είναι η ενέργεια που χρειάζεται για να περάσει ένα υγρό στην αέρια φάση στο σημείο βρασμού του (για το νερό είναι στους 100°C). Είναι η

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

υψηλότερη από όλα τα υγρά, και όπως ήδη αναφέρθηκε για την λανθάνουσα θερμότητα τήξης, είναι πολύ σημαντική για τη διατήρηση του νερού στην υγρή φάση. Η μεγάλη θερμοχωρητικότητα του νερού καθώς και οι υψηλές λανθάνουσες θερμότητες τήξης και πήξης προσδίδουν στο νερό μεγάλη ικανότητα ρύθμισης της θερμοκρασίας στο εύρος $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, μια περιοχή θερμοκρασιών κατάλληλη για τη συντήρηση της ζωής. Για παράδειγμα, για να αυξηθεί η θερμοκρασία ενός γραμμαρίου νερού από τους $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ στους $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, χρειάζεται θερμότητα 766 θερμίδων (Σχήμα 2.4). Μια από τις ιδιαιτερότητες του νερού είναι, ότι έχει τις δυο θερμοκρασίες μεταβολής φάσεων (στερεό/υγρό και υγρό/αέριο) αρκετά κοντά ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα), ώστε μεγάλες ποσότητες ενέργειας υπό μορφή θερμότητας να ανταλλάσσονται, ενώ η θερμοκρασία του συστήματος πάγος/νερό ή νερό/ατμός να μεταβάλλεται πολύ λίγο.

- Σημείο βρασμού και σημείο πήξης ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$ και $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα). Έτσι το νερό υφίσταται και στις τρεις φάσεις του (στερεό, υγρό, αέριο) σε ένα εύρος θερμοκρασιών που ευνοεί την ύπαρξη της ζωής.
- Επιφανειακή τάση: Τιμή: $7,2 \times 10^9\text{ N}\cdot\text{m}^{-1}$. Είναι η μεγαλύτερη από όλες τις χημικές ενώσεις. Οι δυνάμεις συνοχής του νερού, που οφείλονται στην ικανότητά του να δημιουργεί δεσμούς υδρογόνου είναι μεγαλύτερες από τις δυνάμεις συνάφειας αυτού με οποιοδήποτε άλλο υλικό. Ένα μόριο στο εσωτερικό της μάζας του νερού δέχεται έλξεις (λόγω δεσμού υδρογόνου κυρίως) από όλες τις διευθύνσεις, ώστε η συνολική συνιστώσα να είναι μηδέν. Όταν, όμως, πρόκειται για μόριο νερού στην επιφάνειά του, οι δυνάμεις που δέχεται είναι από κάτω και από τα πλάγια, δίνοντας μια τελική συνιστώσα προς το εσωτερικό της μάζας του νερού. Έτσι δημιουργείται η τάση ελαχιστοποίησης της επιφάνειας και εξηγείται το φαινόμενο του σχηματισμού σφαιρικών σταγονιδίων, σταγόνων και κυμάτων. Η επιφάνεια του νερού συμπεριφέρεται ως ελαστικό φιλμ, που αντιστέκεται στην ρήξη του, όταν αντικείμενα μικρού βάρους τοποθετούνται επάνω του. Η υψηλή επιφανειακή τάση του νερού είναι πολύ σημαντική για τη φυσιολογία του κυττάρου.
- Διηλεκτρική σταθερά (87 στους $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ και 80 στους $20\text{ }^{\circ}\text{C}$). Είναι η υψηλότερη από όλες τις χημικές ενώσεις εκτός από το H_2O_2 και το HCN . Η υψηλή διηλεκτρική σταθερά καθιστά το νερό πολύ καλό μονωτή και διαλύτη ετεροπολικών ενώσεων. Επίσης άριστο υπόστρωμα για ιοντικές αντιδράσεις.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

- Ικανότητα ως διαλύτης: Είναι ο καλύτερος υγρός διαλύτης. Αυτό έχει μεγάλη επίδραση τόσο σε φυσικές όσο και σε βιολογικές διεργασίες.
- Ηλεκτρολυτική διάσταση: πολύ μικρή. Το νερό περιέχει σε μικρή ποσότητα (10^{-7} greq/l) ιόντα H^+ και OH^- .
- Διαπερατότητα: Η απορρόφηση του φωτός είναι μεγάλη στο υπέρυθρο και στο υπεριώδες. Στο φάσμα του ορατού η διαπερατότητα είναι μεγάλη και σχετικά ομοιόμορφη. Αυτό καθιστά το νερό άχρωμο, γεγονός πολύ σημαντικό για τη φωτοσύνθεση και άλλες φωτοχημικές αντιδράσεις.
- Αγωγιμότητα: Είναι η μεγαλύτερη από όλα τα υγρά. Η ιδιότητα αυτή είναι σημαντική για μικρής κλίμακας μεταφορά θερμότητας, όπως π.χ. σε ζωντανά κύτταρα.
- Μοριακό ιξώδες ($= 10^{-3} N \cdot s \cdot m^{-2}$). Μικρότερο από τα περισσότερα υγρά. Το νερό ρέει εύκολα και εξισορροπεί γρήγορα διαφορές πίεσης.
- Συμπιεστότητα: Σχετικά μικρή, προσεγγίζει τη συμπιεστότητα των στερεών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μεγάλη αύξηση πίεσης να προκαλεί πολύ μικρή αύξηση της πυκνότητας.
- Θερμική διαστολή: Στο καθαρό νερό η πυκνότητα αυξάνεται με την πτώση της θερμοκρασίας μέχρι τη θερμοκρασία των $4^\circ C$. Περαιτέρω πτώση της θερμοκρασίας μέχρι τους $0^\circ C$ μειώνει την πυκνότητα, δηλαδή η μέγιστη πυκνότητα του καθαρού νερού σημειώνεται στους $4^\circ C$.

2. ΦΥΣΙΚΟ ΝΕΡΟ

Φυσικό νερό είναι το νερό που υπάρχει στην στερεή επιφάνεια όπως στους ποταμούς, στις λίμνες, στις πηγές επιφανειακές ή υπόγειες. Το φυσικό νερό μπορεί να είναι πόσιμο ή να μετατραπεί σε πόσιμο μετά από κατάλληλη επεξεργασία. Είναι κατάλληλο για αρδευτικές και μερικές βιομηχανικές χρήσεις. Το νερό καλύπτει το 71% της επιφάνειας της γης και υπολογίζεται σε 1,4 δισεκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα. Κατανέμεται σε θαλάσσιο νερό (96,5%), νερό σε μορφή πάγων (2,5%) και γλυκό νερό (1%).

Μια δημοσιευμένη εκτίμηση της κατανομής του φαίνεται στον ακόλουθο πίνακα 2-1.

Πίνακας 2-1 Εκτίμηση της παγκόσμιας κατανομής νερού [4]

Μορφή Νερού	Όγκος νερού (Km ³)	Γλυκό νερό (%)	Συνολικό νερό (%)
Ωκεανοί, Θάλασσες, Κόλποι	1.338.000.000	-	96,5
Παγόβουνα, Παγετώνες, Μόνιμο χιόνι	24.064.000	68,7	1,74
Υπόγειο Νερό Γλυκό	10.530.000	30,1	0,76
Υπόγειο Νερό Αλμυρό	12.870.000	-	0,94
Εδαφική Υγρασία	16.500	0,05	0,001
Εδαφικός πάγος, Μόνιμα παγωμένο έδαφος	300.000	0,86	0,022
Λίμνες Γλυκές	91.000	0,26	0,007
Λίμνες Αλμυρές	85.400	-	0,006
Ατμόσφαιρα	12.900	0,04	0,001
Έλη	11.470	0,03	0,0008
Ποταμοί	2.120	0,006	0,0002
Βιολογικό Νερό	1.120	0,003	0,0001
Σύνολο	1.386.000.000	-	100

Το νερό ανάλογα με την προέλευσή του, μπορεί να διακριθεί σε κατηγορίες που αναφέρονται στη συνέχεια.

2.1. Νερά ωκεανών-θαλασσών

Οι ωκεανοί φιλοξενούν μια τεράστια ποικιλία γεωλογικών διεργασιών, που είναι υπεύθυνες για το σχηματισμό και τη συγκέντρωση ορυκτών πόρων και αποτελούν την τελική αποθήκη πολλών υλικών που διαβρώνονται ή διαλύονται από την επιφάνεια της γης. Ως εκ τούτου, οι ωκεανοί περιέχουν τεράστιες ποσότητες υλικών που επί του παρόντος χρησιμεύουν ως κύριοι πόροι για τον άνθρωπο. Σήμερα, η άμεση εξόρυξη πόρων περιορίζεται στο αλάτι, στο μαγνήσιο, στο χρυσό, στον κασσίτερο, το τιτάνιο, τα διαμάντια και γλυκό νερό.

Οι αρχαίες ωκεάνιες αποθέσεις ιζημάτων, που βρίσκονται τώρα στην ξηρά, είχαν αρχικά αποτεθεί υπό θαλάσσιες συνθήκες. Αυτά τα κοιτάσματα αξιοποιούνται σε πολύ μεγάλη κλίμακα και προτιμώνται των σύγχρονων θαλάσσιων πόρων, λόγω της ευκολότερης προσβασιμότητας και του χαμηλότερου κόστους των χερσαίων [5].

Η μέση σύσταση των θαλάσσιων νερών δίνεται στην παρακάτω Εικόνα. Τα διαλυμένα άλατα των θαλασσινών νερών είναι ικανά να ανυψώσουν την πυκνότητα του νερού στην τιμή των 1,0243 Kg/l (αναφορά στους 20 °C) που είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του καθαρού νερού.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

Συστατικό	Συγκέντρωση (mg /l)	Κύριες μορφές στις οποίες συναντάται
Cl	19000	Cl ⁻
Na	10500	Na ⁺
SO ₄	2700	SO ₄ ⁻²
Mg	1350	Mg ⁺² , MgSO _{4(aq)}
Ca	400	Ca ⁺² , CaSO _{4(aq)}
K	380	K ⁺
HCO ₃	142	^a HCO ₃ ⁻ , H ₂ CO _{3(aq)} , CO ₂ ⁻²
Br	65	Br ⁻
Sr	8	Sr ⁺² , SrSO _{4(aq)}
SiO ₂	6,4	H ₄ SiO _{4(aq)} , H ₂ SiO ₄ ⁻
B	4,6	H ₃ BO _{3(aq)} , H ₂ BO ₃ ⁻
F	1,3	F ⁻
N	0,5	^b NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻ , NH ₄ ⁺
Li	0,17	Li ⁺
Rb	0,12	Rb ⁺
P	0,07	HPO ₄ ⁻² , H ₂ PO ₄ ⁻ , PO ₄ ⁻³ , H ₃ PO _{4(aq)}
I	0,06	IO ₃ ⁻ , I ⁻
Ba	0,03	Ba ⁺² , BaSO _{4(aq)}
Al	0,01	^c
Fe	0,01	Fe(OH) ₃
Mo	0,01	MoO ₄ ⁻²
Zn	0,01	Zn ⁺² , ZnSO _{4(aq)}
Se	0,004	SeO ₄ ⁻²
As	0,003	HAsO ₄ ⁻² , H ₂ AsO ₄ ⁻ , H ₃ AsO _{4(aq)} , H ₃ AsO _{3(aq)}
Cu	0,003	Cu ⁺² , CuSO _{4(aq)}
Sn	0,003	
U	0,003	UO ₂ (CO ₃) ₂ ⁻⁴
Mn	0,002	Mn ⁺² , MnSO _{4(aq)}
Ni	0,002	Ni ⁺² , NiSO _{4(aq)}
V	0,002	VO ₂ (OH) ₂ ⁻²
Ti	0,001	
Co	0,0005	Co ⁺² , CoSO _{4(aq)}
Cs	0,0005	Cs ⁺
Sb	0,0005	
Ce	0,0004	
Ag	0,0003	AgCl ₂ ⁻ , AgCl ₂ ⁻²
La	0,0003	
Y	0,0003	
Cd	0,00011	Cd ⁺² , CdSO _{4(aq)}
W	0,0001	WO ₄ ⁻²
Ge	0,00007	Ge(OH) _{4(aq)} , H ₂ GeO ₄ ⁻
Cr	0,00005	
Th	0,00005	
Sc	0,00004	
Ga	0,00003	
Hg	0,00003	HgCl ₂ ⁻ , HgCl ₄ ⁻²
Pb	0,00003	Pb ⁺² , PbSO _{4(aq)}
Bi	0,00002	
Nb	0,00001	
Au	0,000004	AuCl ₄ ⁻
Be	0,0000006	
Pa	2 X 10 ⁻⁶	
Ra	1 X 10 ⁻⁰⁹	Ra ⁺² , RaSO _{4(aq)}

a Το HCO₃ περιλαμβάνει επιπλέον και άνθρακα που υπάρχει σε οργανικά συστατικά.

b Στο συνολικό N ακόμα περιλαμβάνεται το διαλυμένο αέριο άζωτο.

c Πιθανόν εμφανίζεται σαν Al(OH)₄⁻, AlF₂⁻² and AlF₂⁻ (Hem, 1968).

(Hem, 1970)

Εικόνα 2-1 Μέση σύσταση των θαλάσσιων νερών

2.2. Νερό ατμοσφαιράς

Κατά την διάρκεια της μεταφοράς του από τους ωκεανούς στις γήινες εκτάσεις, το νερό έρχεται σε επαφή με το χαμηλότερο στρώμα της ατμοσφαιράς. Έτσι, το νερό τείνει να ισορροπήσει με τα διάφορα αέρια της ατμοσφαιράς. Η κύρια σύσταση του κατωτέρου στρώματος της ατμόσφαιρας δίνεται στην παρακάτω εικόνα. Πρέπει να τονιστεί ότι η σύσταση του στρώματος αυτού είναι δυνατό να παρουσιάζει σημαντικές διαφορές, ειδικά στα επίπεδα των συστατικών όπως CO₂, C, SO₂, NO_x κ.α. τα οποία παράγονται από διεργασίες καύσης και είναι συνδεδεμένα με την ατμοσφαιρική ρύπανση που συνοδεύει αστικές και βιομηχανικές περιοχές.

Αέριο	% κ.ο.	Μερική Πίεση (atm)
N ₂	78,1	0,781
O ₂	20,9	0,209
Ar	0,93	0,0093
H ₂ O	0,1 - 2,8	0,028
CO ₂	0,03	0,0003
Ne	1,8 X 10 ⁻³	1,8 X 10 ⁻³
He	5,2 X 10 ⁻⁴	5,2 X 10 ⁻⁶
CH ₄	1,5 X 10 ⁻⁴	1,5 X 10 ⁻⁶
Kr	1,1 X 10 ⁻⁴	1,1 X 10 ⁻⁶
CO	(0,06 - 1) X 10 ⁻⁴	(0,6 - 1) X 10 ⁻⁶
SO ₂	1 X 10 ⁻⁴	1 X 10 ⁻⁶
N ₂ O	5 X 10 ⁻⁵	5 X 10 ⁻⁷
H ₂	5 X 10 ⁻⁵	5 X 10 ⁻⁷
O ₃	(0,1 - 1,0) X 10 ⁻⁵	(0,1 - 1,0) X 10 ⁻⁷
Xe	8,7 X 10 ⁻⁶	8,7 X 10 ⁻⁸
NO ₂	(0,05 - 2) X 10 ⁻⁵	(0,05 - 2) X 10 ⁻⁸
Rn	6 X 10 ⁻¹⁸	6 X 10 ⁻²⁰

Πηγή: B. A. Mirtov "Gaseous composition of the atmosphere and its analysis" Akad. Nauk. SSSR, Inst. Prikl. Geofiz Moskva (translated by the Israel Program for Scientific Translations, published in Washington, U.S. Dept. Of Commerce, Office of Technical Services, 1961, 209 pp.). (Snoeyink and Jenkins, 1980)

Εικόνα 2-2 Κύρια σύσταση του κατωτέρου στρώματος της ατμόσφαιρας

2.3. Νερό υδατοπτώσεων

Σύμφωνα με την έννοια του κύκλου του νερού, το νερό προέρχεται από τον ωκεανό, εξατμίζεται, ανεβαίνει στον αέρα, συμπυκνώνεται, πέφτει ως βροχόπτωση και επιστρέφει στον ωκεανό. Αυτή η έννοια γενικά ισχύει. Ωστόσο, η θερμοκρασία του νερού ασκεί ισχυρή

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

επίδραση στη λειτουργία του κύκλου. Από τα πιο ζεστά νερά των ωκεανών εξατμίζονται τεράστιες ποσότητες νερού στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα το σημείο δρόσου να είναι πολύ υψηλό. Το σημείο δρόσου αντιπροσωπεύει την πραγματική ποσότητα υδρατμών στον αέρα. Κοντά σε ζεστά υδάτινα σώματα, ο αέρας έχει συνήθως αρκετή υγρασία για να δημιουργήσει άφθονη βροχόπτωση, το μόνο που χρειάζεται για να ανέβει ο αέρας, είναι θέρμανση, είτε συναντώντας ένα βουνό ή άλλο υπερυψωμένο έδαφος. Από την άλλη πλευρά, τα ψυχρά ωκεάνια ρεύματα είναι σχετικά παθητικά όταν πρόκειται για εξάτμιση νερού, επομένως τα σημεία δρόσου σε τέτοιες περιοχές είναι χαμηλότερα (άρα και το δυναμικό βροχόπτωσης είναι χαμηλότερο) από ότι σε ζεστό νερό [4, 5].

Στην εικόνα φαίνεται ότι το νερό της βροχής είναι ένα αρκετά αραιό διάλυμα διαλυμένων αλάτων.

Συστατικό	1	2	3	4	5
SiO ₂	0,0		1,2	0,3	
Al (III)	0,01				
Ca ²⁺	0,0	0,65	1,2	0,8	3,3
Mg ²⁺	0,2	0,14	0,7	1,2	0,36
Na ⁺	0,6	0,56	0,0	9,4	0,97
K ⁺	0,6	0,11	0,0	0,0	0,23
NH ₄ ⁺	0,0				0,42
HCO ₃ ⁻	3		7	4	0,0
SO ₄ ²⁻	1,6	2,18	0,7	7,6	6,1
Cl ⁻	0,2	0,57	0,8	17	2,0
NO ₂ ⁻	0,02		0,0	0,02	
NO ₃ ⁻	0,1	0,62	0,2	0,0	2,2
Total dissolved	4,8		8,2	38	
PH	5,6		6,4	5,5	4,4

1. Snow, Spooner Summit, U.S. Highway 50, Nevada (east of Lake Tahoe) altitude 7100 ft, Nov. 20, 1958. J. H. Feth, S. M. Rogers, and C. E. Roberson, Chemical composition of Snow in the Northern Sierra Nevada and Other Areas, U.S. Geological Survey Water Supply Paper 1535J, 1964, 39 pp.

2. Average composition of rain from August 1962 to July 1963 at 27 points in North Carolina and Virginia. A. W. Gambell and D. W. Fisher, Chemical Composition of Rainfall, Eastern N. Carolina and Southeastern Virginia: U.S. Geological Survey Water Supply Paper 1535K, 1964, 41 pp.

3-4. Rain Menlo Park, Calif., 7:00 P.M. Jan. 9 to 8:00 A.M. Jan. 10, 1958. Whitehead, and J. H. Feth, Chemical Composition of Rain, Dry Fallout, and Bulk Precipitation at Menlo Park. Calif., 1957-1959. I. Geophys. Res., 69:3319-3333(1964).

5. Station 526U, Belgium, European Atmospheric Chemistry Network Average of 180 samples. L. Cranat, on the Relation Between pH and the Chemical Composition in Atmospheric Precipitation, Tellus, 24, 550-556 (1972).

(Snoeyink and Jenkins, 1980)

Εικόνα 2-3 Σύσταση νερού βροχής

2.4. Νερό εδάφους-Υπόγειο νερό

Κατά την βροχόπτωση το νερό πέφτει πάνω στο έδαφος και έρχεται σε επαφή με πετρώματα, χώμα και ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς που υπάρχουν σε αυτό. Κατά την επαφή αυτή γίνονται διάφορες. Η σύσταση του νερού μετρά την επαφή με το έδαφος εξαρτάται από την σύσταση του εδάφους. Γενικά η γη αποτελείται από τον πυρήνα πλούσιο σε σίδηρο και νικέλιο πάχους 3.740 χλμ., που περιβάλλεται από τον μανδύα με υψηλή περιεκτικότητα σε πυριτικά άλατα μαγνησίου και σιδηρού και ένα εξωτερικό στρώμα το φλοιού μέσου πάχους 30 χλμ., που αποτελείται κυρίως από ορυκτά πυριτικών αλάτων. Αυτό το λεπτό εξωτερικό στρώμα της γης όπου δεν καλύπτεται από θάλασσες και ωκεανούς, είναι το τμήμα του φλοιού της γης, που επιδρά στον καθορισμό της σύστασης των φυσικών επιφανειακών και υπογείων νερών [5]. Η εικόνα παρουσιάζει τιμές για τη μέση σύσταση ορισμένων πετρωμάτων. Πρέπει να τονιστεί ότι η μεγάλη ποικιλία πετρωμάτων δεν είναι δυνατό να παρουσιαστεί αντιπροσωπευτικά στην εικόνα που ακολουθεί.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

Στοιχείο	Ηφαιστειογενή πετρώματα	Ιζηματογενή πετρώματα		
		Ψαμμίτικα	Σχιστολιθικά	Λσβεστολιθικά
Si	285 000	359 000	260 000	34
Al	79 500	32 100	80 100	8 970
Fe	42 200	18 600	38 800	8 190
Ca	36 200	22 400	22 500	272 000
Na	28 100	3 870	4 850	393
K	25 700	13 200	24 900	2 390
Mg	17 600	8 100	16 400	45 300
Ti	4 830	1 950	4 440	377
P	1 100	539	733	281
Mn	937	392	575	842
F	715	220	560	112
Ba	595	193	250	30
S	410	945	1 850	4 550
Sr	368	28	290	617
C	320	13 800	15 300	113 500
Cl	305	15	170	305
Cr	198	120	423	7,1
Rb	166	197	243	46
Zr	160	204	142	18
V	149	20	101	13
Ce	130	55	45	11
Cu	97	15	45	4,4
Ni	94	2,6	29	13
Zn	80	16	130	16
Nd	56	24	18	8
La	48	19	28	9,4
N	46	---	600	---
Y	41	16	20	15
Li	32	15	46	5,2
Co	23	0,33	8,1	0,12
Nb	20	0,096	20	0,44
Ga	18	5,9	23	2,7
Pr	17	7	5,5	1,3
Pb	16	14	80	16
Sm	16	6,6	5	1,1
Sc	15	0,73	10	0,68
Th	11	3,9	13	0,2
Gd	9,9	4,4	4,1	0,77
Dy	9,8	3,1	4,2	0,53
B	7,5	90	194	16
Yb	4,8	1,6	1,6	0,2
Cs	4,3	2,2	6,2	0,77
Hf	3,9	3	3,1	0,23
Be	3,6	0,26	2,1	0,18
Er	3,6	0,88	1,8	0,45
U	2,8	1	4,5	2,2
Sn	2,5	0,12	4,1	0,17
Ho	2,4	1,1	0,82	0,18
Br	2,4	1	4,3	6,6
Eu	2,3	0,94	1,1	0,19
Ta	2,0	0,1	3,5	0,1
Tb	1,8	0,74	0,54	0,14
As	1,8	1	9	1,8
W	1,4	1,6	1,9	0,56
Ge	1,4	0,88	1,3	0,036
Mo	1,2	0,5	4,2	0,75
Lu	1,1	0,3	0,28	0,11
Tl	1,1	1,5	1,6	0,065
Tm	0,94	0,3	0,29	0,075
Sb	0,51	0,014	0,81	0,2
I	0,45	4,4	3,8	1,6
Hg	0,33	0,057	0,27	0,046
Cd	0,19	0,02	0,18	0,048
In	0,19	0,13	0,22	0,068
Ag	0,15	0,12	0,27	0,19
Se	0,050	0,52	0,6	0,32
Au	0,0036	0,0046	0,0034	0,0018

(Hem, 1970)

Εικόνα 2-4 Μέση σύσταση ορισμένων πετρωμάτων

Σε γενικές γραμμές ο φλοιός της γης σε βάθος μέχρι 16 χλμ. αποτελείται κατά 95% από ηφαιστειογενή πετρώματα. Για την εξέταση των φυσικών νερών τα πετρώματα αυτά δεν

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

έχουν σημαντικό ρόλο καθώς τα περισσότερα ανακτήσιμα υπόγεια νερά βρίσκονται σε βάθη 2 χλμ. το πολύ από την επιφάνεια.

Τα ιζηματογενή πετρώματα και το χώμα του εδάφους θεωρούνται οι κύριοι παράγοντες καθορισμού της χημικής σύστασης των νερών με τα οποία έρχονται σε επαφή [5].

Το νερό του εδάφους διαχωρίζεται σε επιφανειακό, εδαφικό και υπόγειο νερό.

Το επιφανειακό νερό βρίσκεται σε ωκεανούς, θάλασσες και πελάγη, λιμνοθάλασσες, λίμνες, έλη, ποταμούς και χειμάρρους.

Το εδαφικό νερό μπορεί να είναι διηθητό ή ελεύθερο νερό το οποίο καταλαμβάνει τους μεγάλους πόρους διαμέτρου $> 0,06$ mm και τους κενούς χώρους και κινείται προς τα κάτω με την επίδραση της βαρύτητας. Ως τριχοειδές νερό, αντιπροσωπεύει την υγρασία που αποθηκεύεται στο έδαφος και την οποία χρησιμοποιούν τα φυτά μεταξύ των περιόδων βροχής ή άρδευσης.

Το υγροσκοπικό νερό (εδαφική υγρασία), βρίσκεται προσροφημένο με μορφή πολύ λεπτών στρωμάτων γύρω από τους κόκκους του εδάφους και μπορεί να κινείται μόνο υπό μορφή υδρατμών. Το προσροφημένο νερό, βρίσκεται στους ενδοκρυσταλλικούς χώρους των ορυκτών της αργίλου και δεν κινείται ούτε προσλαμβάνεται από τα φυτά.

Υπόγεια νερά

Ο όγκος των υπόγειων νερών αντιστοιχεί στο 98% περίπου του εκμεταλλεύσιμου γλυκού νερού, όμως πάνω από το μισό περίπου των υπόγειων νερών βρίσκεται σε τόσο μεγάλα βάθη που δεν είναι εκμεταλλεύσιμο, λόγω κόστους και κακής ποιότητας.

Ο χημικός και βιολογικός χαρακτήρας των υπόγειων υδάτων είναι συνήθως αποδεκτός για τις περισσότερες χρήσεις. Η ποιότητα των υπόγειων υδάτων, ιδιαίτερα των ρηχών υπόγειων υδάτων, μπορεί να αλλάξει ως αποτέλεσμα των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Τα υπόγεια ύδατα είναι λιγότερο ευαίσθητα στη ρύπανση από βακτήρια από τα επιφανειακά ύδατα, επειδή το έδαφος και οι βράχοι μέσω των οποίων ρέουν τα υπόγεια ύδατα συγκρατούν τα περισσότερα από τα βακτήρια. Τα βακτήρια, ωστόσο, περιστασιακά βρίσκουν το δρόμο τους στα υπόγεια ύδατα, μερικές φορές σε επικίνδυνα υψηλές συγκεντρώσεις. Πολλά αόρατα διαλυμένα ορυκτά και οργανικά συστατικά υπάρχουν σε αυτά. Τα περισσότερα είναι ακίνδυνα ή ακόμη και ωφέλιμα. Αν και εμφανίζονται σπάνια, άλλα είναι επιβλαβή και μερικά μπορεί να είναι εξαιρετικά τοξικά [5, 6]. Τα υπόγεια νερά έχουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε διαλυμένα ανόργανα συστατικά από τα επιφανειακά.

Constituent, mg / liter	A	B	C
SiO ₂	9,5	1,2	10
Fe (III)	0,07	0,02	0,09
Ca ²⁺	4,0	36	92
Mg ²⁺	1,1	8,1	34
Na ⁺	2,6	6,5	8,2
K ⁺	0,6	1,2	1,4
HCO ₃ ⁻	18,3	119	339
SO ₄ ²⁻	1,6	22	84
Cl ⁻	2,0	13	9,6
NO ₃ ⁻	0,41	0,1	13
Total dissolved solids	34	165	434
Total hardness as CaCO ₃	14,6	123	369

A. Pardee Reservoir, East Bay Municipal Utility District, Oakland, Calif. Average data for 1976
 B. Niagara River, Niagara Falls, N.Y.
 C. Well Water, Dayton, Ohio.

(Snoeyink and Jenkins, 1980)

Εικόνα 2.4-1 Σύγκριση σύστασης υπόγειων και επιφανειακών νερών

Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της εκτενούς επαφής μεταξύ νερών με υψηλή περιεκτικότητα σε CO₂, πετρωμάτων και χόματος στο έδαφος και στην χρονική διάρκεια επαφής που απαιτείται για τη διάλυση συστατικών στο νερό επίσης το CO₂ μπορεί να προστεθεί στο νερό από δραστηριότητες μικροοργανισμών στο έδαφος.

Τα στρώματα εδάφους διακρίνονται ανάλογα με την περατότητα τους σε:

Διαπερατά : Επιτρέπουν την κίνηση νερού

Ημιπερατά: Επιτρέπουν την κίνηση νερού με πολύ χαμηλό ρυθμό

Αδιαπέρατα: Πιθανόν να περιέχουν σημαντικές ποσότητες νερού, όμως σε κανονικές συνθήκες δεν επιτρέπουν την κίνηση του νερού στο εσωτερικό τους

Αδιαπέρατα στεγανά: Δεν περιέχουν νερό και δεν επιτρέπουν την κίνηση του νερού στο εσωτερικό τους.

3. ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΝΕΡΟΥ - ΡΥΠΑΝΣΗ

Το νερό ανάλογα με την προέλευσή του, την επεξεργασία ή την χρήση του μπορεί να διακριθεί σε κατηγορίες, που αναφέρονται στη συνέχεια μαζί με σχετικούς ορισμούς.

3.1. Ορισμοί- Κατηγορίες

- Νερό της βροχής είναι η καθαρότερη μορφή φυσικού νερού όταν δεν έχει επιμολυνθεί κατά τη διαδρομή του από συστατικά της ατμόσφαιρας. Μπορεί να περιέχει διαλυμένο οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα αλλά και ιδιαίτερα επιβλαβή οξείδια του θείου και του αζώτου, σκόνη κ.ά. λόγω ρύπανσης της ατμόσφαιρας βιομηχανικών περιοχών ή πόλεων.
- Φυσικό νερό είναι το νερό των ποταμών, λιμνών, πηγών επιφανειακών ή υπόγειων. Το φυσικό νερό μπορεί να είναι πόσιμο ή να μετατραπεί σε πόσιμο μετά από κατάλληλη επεξεργασία. Είναι κατάλληλο για αρδευτικές και βιομηχανικές χρήσεις. Το νερό των πηγών είναι το φυσικό νερό που προέρχεται από υπόγεια νερά και είτε αντλείται στην επιφάνεια είτε αναβλύζει μόνο του οπότε ονομάζεται αρτεσιανό. Είναι συνήθως απαλλαγμένο μικροοργανισμών γιατί σε βάθος μεγαλύτερο των 4 μέτρων δεν υπάρχουν μικροοργανισμοί. Μεταλλικό νερό είναι το φυσικό πόσιμο νερό που περιέχει διοξείδιο του άνθρακα, ή διαλυμένες ουσίες περισσότερες από 1g/l, ή σπάνιες ενώσεις σε ποσοστά μεγαλύτερα από τα συνήθη, ή έχει θερμοκρασία εξόδου μεγαλύτερη από 20 °C και χωρίς καμία άλλη επεξεργασία. Τεχνητό μεταλλικό νερό είναι το πόσιμο νερό στο οποίο έχουν προστεθεί φυσικό μεταλλικό νερό ή φυσικά πηγαία άλατα.
- Θαλασσινό νερό είναι το νερό που περιέχει διαλυμένο χλωριούχο νάτριο σε αναλογία περίπου 3% και δεν είναι πόσιμο. Περιέχει επίσης διαλυμένες και πολλές άλλες ανόργανες κυρίως ενώσεις καλίου, μαγνησίου, ασβεστίου κ.ά. αλλά σε πολύ μικρότερο ποσοστό από το χλωριούχο νάτριο.
- Νερό ανθρώπινης κατανάλωσης είναι:
 - α) το νερό, είτε στη φυσική του κατάσταση είτε μετά από επεξεργασία, που προορίζεται για πόση, μαγείρεμα, προπαρασκευή τροφής ή άλλες οικιακές χρήσεις, ανεξάρτητα από την προέλευσή του και από το εάν παρέχεται από δίκτυο διανομής, από βυτίο, ή σε φιάλες ή δοχεία.

β) το νερό που χρησιμοποιείται στις επιχειρήσεις παραγωγής τροφίμων για την παρασκευή, επεξεργασία, συντήρηση ή εμπορία προϊόντων ή ουσιών, που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. Το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης δεν εντάσσεται στην έννοια του τρόφιμου, παρέχεται με υποχρέωση της Πολιτείας σε όλους τους πολίτες της επικράτειας ως δημόσιο αγαθό, μη υπαγόμενο στους κανόνες της αγοράς και ακολουθεί τους νόμους της υγειονομικής μηχανικής.

- Νερό για οικιακές χρήσεις: χρήσεις του νερού, κατά τρόπο που να έρχεται σε άμεση ή έμμεση επαφή με τον ανθρώπινο οργανισμό
- Νερό Γεωτρήσεων: προέρχεται από άντληση υπόγειου νερού που είναι αποθηκευμένο σε υδροφόρο στρώμα.
- Νερό δικτύου ύδρευσης, είναι το φυσικό νερό που έχει υποστεί την επεξεργασία της “διύλισης” και έχει καταστεί πόσιμο. Η επεξεργασία περιλαμβάνει κυρίως την χλωρίωση (απολύμανση για μικροοργανισμούς) την καθίζηση στερεών εναιωρημάτων (με θειικό αργίλιο) και την διήθηση (με κρυσταλλική άμμο). Σε μερικές περιπτώσεις γίνεται και φθορίωση.
- Απεσταγμένο νερό είναι το νερό που έχει ληφθεί μετά από απόσταξη οποιουδήποτε νερού.
- Απιονισμένο νερό είναι το νερό που έχει απαλλαγεί από τα διαλυμένα θετικά και αρνητικά ιόντα, διαφόρων αλάτων, π.χ. Na^+ , NO_3^- κ.ά., με αντικατάστασή τους με OH^- και H^+ , αντίστοιχα. Το απιονισμένο νερό είναι υψηλής καθαρότητας και χρησιμοποιείται ευρέως στα εργαστήρια.
- Υπερ-καθαρό νερό, είναι το απιονισμένο νερό το απαλλαγμένο από αέρια, οργανικές ουσίες και βακτήρια με τη χρήση ρητινών υψηλής απόδοσης και φίλτρων μικροοργανισμών. Είναι εφάμιλλο του απεσταγμένου και χρησιμοποιείται στα εργαστήρια, αντί για το απεσταγμένο.
- Αφαλατωμένο νερό είναι το νερό που λαμβάνεται από το θαλασσινό νερό με απομάκρυνση του χλωριούχου νατρίου. Η αφαλάτωση γίνεται με τις συσκευές αφαλάτωσης ή με συσκευές αντίστροφης ώσμωσης. Το νερό που προκύπτει είναι πόσιμο και οι μέθοδοι αφαλάτωσης βρίσκουν εφαρμογή σε απομακρυσμένα νησιά.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

- Κρυσταλλικό νερό χαρακτηρίζεται το νερό τα μόρια του οποίου είναι ενωμένα με μόρια ενός κρυσταλλικού άλατος. Τα μόρια του κρυσταλλικού νερού συμμετέχουν πάντοτε με καθορισμένη αναλογία. Η απομάκρυνση του κρυσταλλικού νερού γίνεται με θέρμανση συνήθως στους 110 °C–250 °C.

Χημικώς ενωμένο νερό ή χημικό νερό χαρακτηρίζονται τα άτομα οξυγόνου και υδρογόνου σε αναλογία 1:2, αντίστοιχα, τα οποία συμμετέχουν στη δομή των μορίων ορισμένων οξέων και βάσεων βαρέων μετάλλων και τα οποία κατά την πύρωση αποβάλλονται ως μόρια νερού υπό σύγχρονο σχηματισμό οξειδίων των μετάλλων και ενίοτε και άλλων προϊόντων [7, 8].

3.2. Υδροληψία- Δίκτυο νερού

Η Εταιρία Ύδρευσης για την Αττική, προμηθεύεται ακατέργαστο νερό κυρίως από επιφανειακούς υδατικούς πόρους (Μαραθώνα, Υλίκη, Εύηνος) . Από τους ταμειυτήρες αυτούς μόνο της Υλίκης είναι φυσικός, ενώ οι υπόλοιποι έχουν δημιουργηθεί με την κατασκευή φραγμάτων σε καταλληλά σημεία στην κοίτη των ποταμών του Ευήνου , Μόρνου και Χαράδρου (φράγμα Μαραθώνα) . Στις πηγές υδροληψίας που χρησιμοποιεί η εταιρία, περιλαμβάνονται και υπόγειοι υδατικοί πόροι που αξιοποιούνται με την λειτουργία 100 γεωτρήσεων συνολικής αντλητικής ικανότητας 70 – 125 εκατ. κυβικών μέτρων νερού περίπου ανά έτος.

Οι πηγές υδροληψίας μπορούν να διαχωριστούν στις εξής κατηγορίες

- Κυρίου υδροδότες
- Βοηθητικούς υδροδότες
- Εφεδρικούς υδροδότες
- Γεωτρήσεις

Δίκτυο διανομής νερού. Το δίκτυο ύδρευσης περιλαμβάνει το σύνολο των αγωγών που μεταφέρουν το διυλισμένο νερό από τις μονάδες επεξεργασίας νερού στους καταναλωτές. Επιπλέον, το δίκτυο πέραν των αγωγών μπορεί να περιλαμβάνει αντλιοστάσια και δεξαμενές πίεσης. Στις μονάδες επεξεργασίας πόσιμου νερού ακολουθείται η παρακάτω αλληλουχία σταδίων για την επεξεργασία νερού:

Προσθήκη χλωρίου (απολύμανση) και στη συνέχεια προσθήκη θειικού αργιλίου (κροκίδωση).

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

Η προσθήκη θεικού αργιλίου βοηθά τα στερεά σωματίδια που υπάρχουν μέσα στο νερό να ενωθούν μεταξύ τους και να κατακαθίσουν. Μετά την κροκίδωση τα συσσωματωμένα στερεά κατακάθονται στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης. Με αυτόν τον τρόπο το νερό καθαρίζεται σε ποσοστό 80%.

Φίλτραυση.

Τα πολύ ελαφρά σωματίδια που δεν κατακάθονται (20%), κατακρατούνται σε ειδικά αμμόφιλτρα, από τα οποία το νερό βγαίνει πλέον καθαρό για να δοθεί προς κατανάλωση.

Μεταχλωρίωση

Εφόσον η προχλωρίωση δεν είναι ικανοποιητική, προσθέτουμε συμπληρωματικά χλώριο κατά την είσοδο του νερού στις κλειστές δεξαμενές αποθήκευσης και πριν την είσοδό του στο δίκτυο ύδρευσης [9].

3.3. Χρήσεις Νερών

Το νερό ανάλογα με την χρήση του μπορεί να διακριθεί στις παρακάτω κατηγορίες.

3.3.1. Νερό για Ύδρευση

Η παροχή πόσιμου νερού, καλής ποιότητας και σε επαρκείς ποσότητες, στους καταναλωτές είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη σωστή λειτουργία του δικτύου ύδρευσης. Γενικότερα η διαδικασία παροχής πόσιμου νερού μπορεί να χωριστεί στις ακόλουθες ενότητες:

- Παραγωγή και επεξεργασία
- Μεταφορά και αποθήκευση
- Διανομή νερού

Η παραγωγή, επεξεργασία και διανομή πόσιμου νερού συνήθως περιλαμβάνει την προμήθεια νερού από υπόγειους υδροφορείς ή/και ταμιευτήρες, την επεξεργασία του για να καταστεί καθ' όλα υγιεινό και τη μεταφορά του σε μεγάλους αποθηκευτικούς χώρους (δεξαμενές) που συνήθως βρίσκονται πολύ κοντά ή εντός των οικιστικών περιοχών που υδροδοτούν.

Η μεταφορά του νερού από τις πηγές υδροδότησης στις δεξαμενές αποθήκευσης γίνεται μέσω αγωγών κατάλληλης διαμέτρου και υλικού. Η διάμετρος καθορίζεται ανάλογα με τις υφιστάμενες ανάγκες, λαμβάνοντας υπόψη και τυχόν μελλοντικές αυξήσεις. Το υλικό πρέπει να είναι τέτοιο που να αντέχει στις πιέσεις λειτουργίας με συντελεστή ασφάλειας. Το ανάγλυφο του εδάφους πρέπει να λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό των ζωνών πίεσης του δικτύου και όπου είναι εφικτό να υπάρχει η μικρότερη δυνατή υψομετρική διακύμανση [10].

3.3.2. Νερό για Άρδευση

Άρδευση είναι η τεχνητή παροχή νερού σε καλλιεργούμενο έδαφος. Στην αγροτική παραγωγή συνήθως χρησιμοποιείται σε ξηρές περιοχές ή και σε περιόδους περιορισμένης βροχόπτωσης, αλλά επίσης και για την προστασία των φυτών από τον παγετό. Οι αντικειμενικοί παράγοντες που προσδιορίζουν τη συχνότητα και την ένταση της άρδευσης είναι η ποιότητα του εδάφους ο τύπος καλλιέργειας οι κλιματικές συνθήκες κ.λπ.. Η Ελλάδα είναι από τις χώρες με τη μεγαλύτερη χρήση γεωργικού νερού στην Ευρώπη.

Οι πηγές αρδευτικού νερού μπορούν να είναι επιφανειακές πχ ταμιευτήρες νερού λίμνες δεξαμενές ποτάμια, κανάλια, υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες και ιδιωτικά πηγάδια.

Οι πηγές αρδευτικού νερού μπορούν να είναι επιφανειακές πχ ταμιευτήρες νερού, λίμνες, δεξαμενές, ποτάμια, κανάλια ή υπόγειες υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες και ιδιωτικά πηγάδια.

Στην Ελλάδα οι κυρία πηγή αρδευτικού νερού είναι τα επιφανειακά νερά αντιπροσωπεύοντας το 80% του συνολικού νερού που χρησιμοποιείται στην άρδευση.

Το νερό μετά την άρδευση μπορεί να καταλήξει σε υδατοδεξαμενές λίμνες η κανάλια εντός η εκτός καλλιέργειας. Μεγάλο μέρος του διηθείται στο έδαφος και κινείται προς τους υπογείους υδροφορίες μόνο μικρό μέρος του νερού που χρησιμοποιείται στην γεωργία χάνεται. Το υπόλοιπο ανακυκλώνεται επιστρέφοντας στον υδρολογικό κύκλο αλλά συχνά με τόσο υποβαθμισμένη ποιότητα η σε τοποθεσίες που το καθιστούν μη διαθέσιμο για περαιτέρω χρήση.

Δίκτυο άρδευσης είναι ένα σύνολο σωληνώσεων, μηχανισμών και εξαρτημάτων, συνδεδεμένα σύμφωνα με μια μελέτη διάταξης. Το δίκτυο άρδευσης χρησιμοποιείται για την ομοιόμορφη μεταφορά και κατανομή του νερού σε κήπους και αγροτικές εκτάσεις [10].

3.3.3. Νερό για Βιομηχανική Χρήση

Η βιομηχανία χρησιμοποιεί το νερό για πολλούς διαφορετικούς σκοπούς. Αυτές οι χρήσεις χωρίζονται συνήθως σε τέσσερις κατηγορίες:

- νερό ψύξης, χρησιμοποιείται μόνο για ψύξη και δεν έρχεται σε επαφή με το προϊόν ή το υλικό που υποβάλλεται σε επεξεργασία
- νερό που συμμετέχει στην διαδικασία παραγωγής

- νερό τροφοδοσίας λέβητα, το οποίο μετατρέπεται σε ατμό
- υγειονομικό νερό, παρέχεται για προσωπική χρήση των εργαζομένων, για καθαρισμό εγκαταστάσεων και εξοπλισμού και για τη λειτουργία βαλβίδων και άλλων συσκευών.

Η κατά προσέγγιση κατανάλωση του νερού στην βιομηχανία αγγίζει το 90% και ανήκει στην πρώτη κατηγορία (νερό ψύξης). Τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας και καυσίμων χρησιμοποιούν περισσότερο νερό από ότι όλα τα υπόλοιπα αθροιστικά. Σε γενικές γραμμές, χρησιμοποιούν συστήματα ψύξης για την συμπύκνωση του ατμού αφού έχει χρησιμοποιηθεί για την περιστροφή τουρμπινών και την παραγωγή ενέργειας.

Στις μεταποιητικές βιομηχανίες το υλικό προς επεξεργασία βρίσκεται σε επαφή με νερό (νερό στην παραγωγική διαδικασία) σχεδόν σε κάθε στάδιο κατά τις διάφορες διεργασίες [10].

3.3.4. Νερά δικτύου περιβάλλοντος της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου

Στην συγκεκριμένη ενότητα αναφέρονται γενικά στοιχεία για το δίκτυο νερού της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου και για την ποιότητά του. Από τον Ιανουάριο του 2007, μετά από επιθυμία της διοίκησης του ΕΜΠ, ανατέθηκε στο εργαστήριο Ανόργανης και Αναλυτικής Χημείας της Σχολής Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ ο έλεγχος της ποιότητας του νερού της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου. Οι παρακάτω πληροφορίες προήλθαν από την τεχνική υπηρεσία του ΕΜΠ και το διαδίκτυο.

Η εξέλιξη του δικτύου ύδρευσης της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου ακολούθησε παρόμοια πορεία με την κτηριακή υποδομή, για να καλύψει τις ανάγκες κάθε εγκατάστασης. Μέχρι το 1975 η υδροδότηση των κτηρίων γινόταν απευθείας από τον αγωγό της ΕΥΔΑΠ επί της οδού Ηρώων Πολυτεχνείου.

Ο πρώτος συνολικός σχεδιασμός του συστήματος ύδρευσης και άρδευσης με συνεκτίμηση των μελλοντικών αναγκών έγινε το 1982. Η μελέτη αυτή αποδέσμευσε την Πολυτεχνειούπολη από την ΕΥΔΑΠ. Η υδροδότηση γίνεται από γεωτρήσεις πλησίον της δεξαμενής του παλιότερου δικτύου. Το νερό χλωριώνεται, αποθηκεύεται στην δεξαμενή και διανέμεται σε όλη την έκταση της Πολυτεχνειούπολης μέσω εκτεταμένου δικτύου ύδρευση-άρδευσης, που χρησιμοποιεί όμως και ένα μέρος του δικτύου που προϋπήρχε (από το 1975). Η υλοποίηση της μελέτης αυτής έγινε στη περίοδο 1986-87. Από το 1992 και μετά, η ανοικοδόμηση και η προσπάθεια για βελτίωση του πρασίνου ήταν έντονη. Για την κάλυψη

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

των αυξανόμενων αναγκών κατασκευάστηκε το 2004 μια δεύτερη δεξαμενή 600 m³ και έγινε και τρίτη γεώτρηση.

Η υδροδότηση γίνεται από γεωτρήσεις, που λειτουργούν υπό 24ώρου βάσεως για ένα μεγάλο μέρος του χρόνου. Η παροχή άντλησης κάθε γεώτρησης είναι περίπου 25 m³/h και το βάθος άντλησης 220 με 250 m. Κατασκευάστηκαν διαδοχικά, καθώς οι ανάγκες για νερό χρόνο με το χρόνο αυξάνονταν. Το αντλούμενο νερό αποθηκεύεται στην δεξαμενή ρύθμισης του δικτύου. Πριν την είσοδο του νερού στην δεξαμενή προστίθεται υποχλωριώδες νάτριο με κατάλληλο σύστημα χλωρίωσης.

Τα νερά των γεωτρήσεων χαρακτηρίζονται από υψηλή σχετικά θερμοκρασία 20,4 °C και 22,8 °C, που οφείλεται στο μεγάλο βάθος των γεωτρήσεων με ενδεχόμενη γεωθερμική επίδραση. Επίσης, σε παλαιότερες μετρήσεις οι τιμές της σκληρότητας, της υδραυλικής αγωγιμότητας και των διαλυμένων στερεών βρέθηκαν αυξημένες σε σχέση με αυτές της ΕΥΔΑΠ. Μεγαλύτερες επίσης ήταν και οι συγκεντρώσεις των νιτρικών, των χλωριόντων, του ψευδαργύρου, του μόλυβδου και του νικελίου. Τέλος, το μικροβιολογικό φορτίο ήταν μηδενικό.

Στην δεξαμενή το νερό παρουσίαζε περίπου τα ίδια ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως και στις γεωτρήσεις. Το υπολειμματικό χλώριο τη μέρα της δειγματοληψίας είχε τιμή παραπλήσια με αυτή της ΕΥΔΑΠ, που είναι ικανοποιητική. Η τιμή αυτή όμως μπορεί να διακυμαίνεται. Οι επιπλέον αναλύσεις που έγιναν ειδικά στην δεξαμενή, έδειξαν όπως αναμενόταν, μεγάλες συγκεντρώσεις σε διαλυμένα μέταλλα και δεν ανίχνευσαν τοξικές ενώσεις. Σε ορισμένα κτήρια παρατηρήθηκε απόκλιση κάποιων ποιοτικών παραμέτρων από την αρχική τους τιμή στη δεξαμενή. Στο κτήριο Αντοχής Υλικών η θολότητα ήταν στα ανώτατα επιτρεπτά όρια και η τιμή του αδιάλυτου σιδήρου (367 μg/l) ξεπερνούσε το επιτρεπτό όριο (200 μg/l). Στο εργαστήριο Λιμενικών Έργων παρατηρήθηκε υψηλή θολότητα, αδιάλυτος σίδηρος (228 μg/l), μηδενική συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου, και μεγάλη συγκέντρωση ψευδαργύρου. Στο κτήριο Μεταλλειολόγων η θολότητα ήταν σχεδόν έξι φορές μεγαλύτερη από το όριο. Στο εργαστήριο Ανόργανης και Αναλυτικής Χημείας η θολότητα ήταν υψηλή στο παλιό κτήριο του εργαστηρίου, και στο νέο κτήριο η συγκέντρωση ψευδαργύρου ήταν ίση με το όριο. Στο σημείο αυτό, θα πρέπει να αναφερθεί ότι λόγω της υψηλής σκληρότητας, δημιουργούνται αποθέσεις σε καυστήρες και άλλες συσκευές. Αυξάνονται έτσι, η συχνότητα των επισκευών και αντικαταστάσεων και το συνεπαγόμενο κόστος συντήρησης. Επίσης, η μηδενική συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου σε κάποιες θέσεις εγκυμονεί

κινδύνους μόλυνσης του νερού, ενώ οι υψηλές συγκεντρώσεις σίδηρου και ψευδαργύρου είναι βλαβερές για την ανθρώπινη υγεία.

Όπως προέκυψε από την τότε μελέτη του υφιστάμενου υδρευτικού συστήματος, τα προβλήματα υποβάθμισης της ποιότητας του νερού από τη δεξαμενή μέχρι το σημείο κατανάλωσης εντοπίζονται τοπικά και οφείλονται σε ελλιπή σχεδιασμό του δικτύου. Με τις αλλαγές που είχαν προταθεί, ο χρόνος παραμονής του νερού στο δίκτυο πιθανόν θα μειωνόταν καθώς θα έλυναν και άλλα προβλήματα. Παράλληλα, προτάθηκε να εφαρμοστεί πρόγραμμα έκπλυσης του δικτύου (τουλάχιστο μία φορά το χρόνο) και συντήρησης του συστήματος χλωρίωσης και των δεξαμενών. Στην περίπτωση επιλογής σύνδεσης με το δίκτυο της ΕΥΔΑΠ, τότε θα πρέπει να εφαρμοστεί μια πιο ολοκληρωμένη λύση. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα από τη σύνδεση στο δίκτυο της ΕΥΔΑΠ είναι: η μείωση της συχνότητας βλαβών σε καυστήρες και άλλες συσκευές αφού θα χρησιμοποιείται νερό χαμηλότερης σκληρότητας, η μείωση του κινδύνου σοβαρής μόλυνσης ως αποτέλεσμα της αυστηρότερα ελεγχόμενης ποιότητας του νερού της ΕΥΔΑΠ. Τα πλεονεκτήματα θα έπρεπε να αντιπαραβληθούν με το ετήσιο κόστος ύδρευσης και να παρθεί μια τεκμηριωμένη απόφαση. Στην περίπτωση που η παροχή νερού θα γινόταν από την ΕΥΔΑΠ τότε θα έπρεπε να κατασκευαστεί ένα ικανοποιητικό υδρευτικό σύστημα. Στόχος της όποιας διάταξης εφαρμογής θα πρέπει πάντα να είναι η διανομή του νερού χωρίς υποβάθμιση της ποιότητάς του, μιας και το κόστος του νερού είναι πολύ μεγαλύτερο από το κόστος μιας καλής λύσης για τη διανομή του [2, 11].

Τον Ιούνιο του 2021 η Διοίκηση του ΕΜΠ αναγνωρίζοντας:

- την υφιστάμενη υδροδότηση της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου μέσω γεώτρησης και τις δυσχέρειες που αυτή ενέχει,
- την ανάγκη υδροδότησης της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου μέσω του δικτύου της ΕΥΔΑΠ, τόσο ως προς την κεντρική τροφοδότηση, όσο και ως προς το εσωτερικό δίκτυο,
- την αδήριτη ανάγκη προστασίας της υγείας των μελών της Πολυτεχνειακής Κοινότητας καθώς και τα πολλαπλά οφέλη που αυτονοήτως εκείνα θα αποκομίσουν από την υδροδότηση της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου μέσω του δικτύου της ΕΥΔΑΠ,

συμφώνησε με την ΕΥΔΑΠ, τη δωρεάν μελέτη της υδροδότησης της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, που θα εκπονηθεί εξ ολοκλήρου από την ΕΥΔΑΠ και θα περιλαμβάνει τον υπολογισμό και εγκατάσταση ενός νέου δικτύου ύδρευσης, στο οποίο θα συνδεθούν όλα τα κτίρια της Πολυτεχνειούπολης, με όλα τα συνοδευτικά έργα (δεξαμενές, αντλιοστάσια κτλ.) καθώς και τον σχεδιασμό ενός συστήματος κεντρικής διαχείρισης και ελέγχου της εγκατάστασης [12].

3.4. Ρύπανση Νερού

Ρύπανση μπορεί να θεωρηθεί η δυσμενής μεταβολή των φυσικοχημικών ή βιολογικών συνθηκών ενός συγκεκριμένου περιβάλλοντος ή/και η βραχυπρόθεσμη ή μακροπρόθεσμη βλάβη στην ευζωία, την ποιότητα ζωής και την υγεία των ανθρώπων και των άλλων ειδών του πλανήτη. Η ρύπανση μπορεί να επηρεάζει, επίσης, την υλική και πολιτιστική βάση της ζωής, τους φυσικούς πόρους, τις ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης και της αναψυχής. Η ρύπανση μπορεί να είναι χημική, με την εισαγωγή επικίνδυνων, βλαβερών ή και τοξικών ουσιών, ενεργειακή (θερμική, ραδιενεργή κ), βιολογική, αισθητική, ηχητική, γενετική (με την εισαγωγή π.χ. γενετικά μεταλλαγμένων ειδών). Μόλυνση είναι μια ειδική κατηγορία ρύπανσης, που οφείλεται σε μικροοργανισμούς.

Η ρύπανση των υπογείων νερών μπορεί να προκληθεί από διάφορους παράγοντες. Η ρύπανση από γεωργικές δραστηριότητες στις περισσότερες περιπτώσεις επεκτείνεται στο χώρο, σε αντίθεση με τον σημειακό χαρακτήρα των άλλων πηγών ρύπανσης (όπως βιομηχανικές δραστηριότητες) καθιστώντας δύσκολο τον έλεγχο τους [13].

Οι υδροφόροι ορίζοντες χαρακτηρίζονται από μικρές ταχύτητες ροής, με αποτέλεσμα ο χρόνος απορρύπανσης τους από φυτοφάρμακα και άλλους ρυπαντές είναι μεγάλος.

Οι κύριοι ρυπαντές από γεωργικές δραστηριότητες αποτελούν τα ζωικά λύματα, τα άλατα που περιέχονται στα ύδατα, που χρησιμοποιούνται για άρδευση, τα αγροχημικά σκευάσματα, που στοχεύουν στην αύξηση της απόδοσης της αγροτικής παραγωγής κ.λπ..

Στα αγροχημικά σκευάσματα συμπεριλαμβάνονται όλες οι κατηγορίες εντομοκτόνων μυκητοκτόνων ζιζανιοκτόνων λιπασμάτων και βελτιωτικών εδάφους. Αυτά τα προϊόντα έχουν ευρεία και συχνά ανεξέλεγκτη χρήση και η εφαρμογή τους έχει ως αποτέλεσμα την επιβάρυνση των υδάτων με υψηλές συγκεντρώσεις χημικών ουσιών. Σήμερα ο μεγαλύτερος κίνδυνος παγκόσμια για τα υπόγεια νερά αφορά στα λιπάσματα και ιδιαίτερα στα αζωτούχα.

Διάφορα είδη ρύπανσης προκαλούνται από ανεπαρκώς επεξεργασμένα βιομηχανικά απόβλητα. Απόβλητα προέρχονται κυρίως από μονάδες συσκευασίας τροφίμων, διυλιστήρια πετρελαίου, πετροχημικά εργοστάσια, και μύλοι χαρτοπολτού. Τα ανόργανα απόβλητα είναι χημικά, όπως οξέα και κυανιούχα, που προέρχονται από πολλές διαφορετικές βιομηχανίες. Υπάρχει επίσης ρύπανση από αδιάλυτα σωματίδια (όπως η άμμος και άλλα απόβλητα από επεξεργασία ορυκτών), που μπορεί να κάνουν το νερό θολό ή μπορεί να κατακαθίσουν. Τέλος, υπάρχει θερμική ρύπανση που παράγεται όταν το θερμαινόμενο νερό αποβάλλεται σε ρεύμα ή λίμνη όπου ανεβάζει τη θερμοκρασία νερού πάνω από το φυσικό επίπεδο [13].

4. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ

Οι διαδικασίες που περιγράφονται στα πρότυπα για τον έλεγχο της ποιότητας νερού, προορίζονται για την εξέταση υδάτων ενός ευρέος φάσματος ποιότητας, που συμπεριλαμβάνει είδη νερού κατάλληλου για οικιακές ή βιομηχανικές παροχές, επιφανειακών υδάτων, υπόγειων νερών, νερού ψύξης ή κυκλοφορίας, νερού λέβητα, νερού τροφοδοσίας λέβητα, επεξεργασμένου και μη, αστικών ή βιομηχανικών λυμάτων και αλατούχου νερού.

Η παρακολούθηση της ποιότητας τόσο των επιφανειακών νερών (υδατοφράκτες, ποταμοί) και υπόγειων νερών όσο και των αλυκών και των παράκτιων υδάτων γίνεται με βάση το άρθρο 8 της Οδηγίας Πλαίσιο 2000/60/ ΕΚ [15] και τον Νόμο Ν13(Ι)/2004 για τα Νερά, καθώς και τις Οδηγίες 2013/39/ΕΕ και 2006/44/ΕΚ, που θέτουν σε ευρωπαϊκό επίπεδο το νομοθετικό πλαίσιο ορθής διαχείρισης και προστασίας των υδάτινων πόρων [14-21].

Συμπληρωματικά η Οδηγία 2006/118 προσεγγίζει το θέμα της προστασίας και της διαχείρισης των υπόγειων υδάτων με έναν πιο ολιστικό τρόπο λειτουργώντας συμπληρωματικά με την Οδηγία 2000/60/ ΕΚ [22].

Το «ποιοτικό πρότυπο για τα υπόγεια ύδατα» εκφράζεται ως η συγκέντρωση συγκεκριμένου ρύπου, ομάδας ρύπων ή δείκτη ρύπανσης σε υπόγεια ύδατα και του οποίου δεν θα πρέπει να γίνεται υπέρβαση προκειμένου να προστατεύεται η ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον, ενώ ως «ανώτερη αποδεκτή τιμή» ορίζεται το ποιοτικό πρότυπο υπόγειων υδάτων το οποίο ορίζουν τα Κράτη μέλη σύμφωνα με το άρθρο 3.

Πρέπει να αναφερθεί ότι οι ανώτερες αποδεκτές τιμές μπορούν να ορίζονται σε εθνικό επίπεδο, σε επίπεδο της περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού ή σε τμήμα της περιοχής λεκάνης απορροής διεθνούς ποταμού που βρίσκεται εντός του εδάφους ενός Κράτους μέλους, ή στο επίπεδο ενός συστήματος ή μιας ομάδας συστημάτων υπόγειων υδάτων [22].

Οι πρότυπες μέθοδοι που αφορούν τον ποιοτικό και ποσοτικό έλεγχο του νερού, καλύπτουν όλους τους τομείς της εφοδιαστικής αλυσίδας ξεκινώντας από την πηγή μέχρι την διάθεση καθώς και την επεξεργασία λυμάτων.

Αρκετές ιδιότητες που περιλαμβάνονται εδώ, όπως το χρώμα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα και η θολότητα, ταιριάζουν στην κατηγορία των φυσικών ιδιοτήτων. Ωστόσο, οι φυσικές ιδιότητες δεν μπορούν να διαχωριστούν εντελώς από τη χημική σύνθεση και ορισμένες από τις τεχνικές μετρούν τις ιδιότητες των αδρανών, που προκύπτουν από την παρουσία ενός

αριθμού συστατικών. Άλλα, για παράδειγμα ο κορεσμός ανθρακικού ασβεστίου, σχετίζονται ή εξαρτώνται από χημικές δοκιμές. Στις φυσικές ιδιότητες περιλαμβάνονται επίσης δοκιμές για εμφάνιση, οσμή και γεύση [23, 24].

4.1. Φυσικοχημικές παράμετροι

Εμφάνιση

Για τη γενική φυσική εμφάνιση ενός δείγματος, χρησιμοποιούνται οποιοιδήποτε όροι περιγράφουν εν συντομία ορατά χαρακτηριστικά του. Αυτοί οι όροι μπορεί να δηλώνουν την παρουσία χρώματος, θολότητας, αιωρούμενα στερεά, οργανισμούς, ιζήματα, επιπλέοντα υλικά και παρόμοια σωματίδια γενικά ύλη ανιχνεύσιμη με γυμνό μάτι. Χρησιμοποιούνται αριθμητικές τιμές όταν είναι διαθέσιμες, όπως για το χρώμα, τη θολότητα και τα αιωρούμενα στερεά.

Το χρώμα στο νερό μπορεί να προκύπτει από την παρουσία φυσικών μεταλλικών ιόντων (σίδηρος και μαγγάνιο), υλικά τύρφης, πλαγκτόν, ζιζάνια και βιομηχανικά απόβλητα. Το χρώμα αφαιρείται για να γίνει ένα νερό κατάλληλο για γενικές και βιομηχανικές εφαρμογές. Τα χρωματιστά βιομηχανικά λύματα ενδέχεται να απαιτούν αφαίρεση χρώματος πριν από την απόρριψη σε υδάτινα ρεύματα. Το χρώμα προσδιορίζεται με οπτική σύγκριση του δείγματος με γνωστών συγκεντρώσεων έγχρωμα διαλύματα.

Θολότητα

Η διαύγεια του νερού είναι σημαντική για την παραγωγή προϊόντων που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση και σε πολλές παραγωγικές εργασίες. Οι μονάδες επεξεργασίας που αντλούν νερό από μια πηγή επιφανειακών υδάτων, βασίζονται συνήθως στον διαχωρισμό υγρού-σωματιδίων, με διεργασίες όπως η καθίζηση και η διήθηση, για να αυξηθεί η διαύγεια και να εξασφαλιστεί ένα αποδεκτό προϊόν. Η διαύγεια του νερού είναι καθοριστικός παράγοντας της κατάστασής του. Η θολότητα στο νερό προκαλείται από αιωρούμενα και κολλοειδή υλικά όπως άργιλος, λάσπη, οργανικής και ανόργανης ύλης, πλαγκτόν και άλλους μικροσκοπικούς οργανισμούς. Είναι μια έκφραση της οπτικής ιδιότητας που προκαλεί τη διασπορά και την απορρόφηση του φωτός αντί να μεταδίδεται χωρίς αλλαγή στην κατεύθυνση ή στο επίπεδο ροής μέσω του δείγματος.

Οσμή

Η οσμή, όπως και η γεύση, εξαρτάται από την επαφή μιας διεγερτικής ουσίας με το κατάλληλο ανθρώπινο κύτταρο υποδοχέα. Στην καθαρή του μορφή, το νερό δεν έχει οσμή. Ο άνθρωπος και άλλα ζώα μπορούν να αποφύγουν πολλά δυνητικά τοξικά τρόφιμα και νερά λόγω δυσμενούς αισθητηριακής απόκρισης. Αυτές οι αισθήσεις συχνά παρέχουν την πρώτη προειδοποίηση για πιθανούς κινδύνους στο περιβάλλον. Η οσμή αναγνωρίζεται ως ένας ποιοτικός παράγοντας, που επηρεάζει την αποδοχή του πόσιμου νερού (και των τροφίμων που παρασκευάζονται με αυτό), τη μόλυνση των ψαριών και άλλων υδρόβιων οργανισμών και την αισθητική των νερών αναψυχής (πισίνες, πίδακες κ.λπ.). Οι περισσότερες οργανικές και μερικές ανόργανες χημικές ουσίες συμβάλλουν στη γεύση ή την οσμή.

Γεύση

Τα δείγματα νερού που λαμβάνονται στο στόμα παράγουν πάντα μια γεύση, αν και μπορεί να κυριαρχεί η γεύση, η οσμή ή η αίσθηση στο στόμα, ανάλογα με τις χημικές ουσίες που είναι παρούσες.

Οξύτητα

Η οξύτητα είναι ένα μέτρο της συνολικής ιδιότητας του νερού και μπορεί να ερμηνευθεί μόνο όταν είναι γνωστή η χημική σύνθεση του δείγματος. Ισχυρά μεταλλικά οξέα, αδύναμα οξέα όπως το ανθρακικό και το οξικό και τα άλατα όπως ο σίδηρος ή το θειικό αλουμίνιο μπορεί να συμβάλλουν στη μετρούμενη οξύτητα σύμφωνα με τη μέθοδο προσδιορισμού.

Τα οξέα συμβάλλουν στη διάβρωση και επηρεάζουν τους ρυθμούς χημικών αντιδράσεων και βιολογικές διεργασίες. Η μέτρηση αντικατοπτρίζει επίσης αλλαγές στην ποιότητα του νερού της πηγής.

Αλκαλικότητα

Η αλκαλικότητα είναι μέτρο μιας συνολικής ιδιότητας του νερού και μπορεί να ερμηνευθεί μόνο ως προς συγκεκριμένες ουσίες όταν είναι γνωστή η χημική σύσταση του δείγματος.

Η αλκαλικότητα είναι σημαντική σε πολλές χρήσεις και επεξεργασίες φυσικών υδάτων και λυμάτων. Επειδή η αλκαλικότητα πολλών επιφανειακών υδάτων είναι κατά κύριο λόγο συνάρτηση των ανθρακικών, διττανθρακικών και την περιεκτικότητα σε υδροξείδιο, λαμβάνεται ως ένδειξη της συγκέντρωσης αυτών των συστατικών. Οι μετρούμενες τιμές μπορεί επίσης να περιλαμβάνουν συνεισφορές από βορικά, φωσφορικά, πυριτικά ή άλλες

βάσεις εάν υπάρχουν. Η αλκαλικότητα που υπερβαίνει τις συγκεντρώσεις μετάλλων αλκαλικών γαιών είναι σημαντική για τον προσδιορισμό της καταλληλότητας ενός νερού για άρδευση. Οι μετρήσεις αλκαλικότητας είναι χρήσιμες για την ερμηνεία και τον έλεγχο των διαδικασιών επεξεργασίας νερού και λυμάτων.

Σκληρότητα

Σύμφωνα με την τρέχουσα πρακτική, η ολική σκληρότητα ορίζεται ως το άθροισμα των συγκεντρώσεων ασβεστίου και μαγνησίου, που εκφράζονται και οι δύο ως ανθρακικό ασβέστιο, σε χιλιοστόγραμμα ανά λίτρο. Όταν η σκληρότητα αριθμητικά είναι μεγαλύτερη από το άθροισμα της ανθρακικής και διττανθρακικής αλκαλικότητας, αυτή η σκληρότητα, που ισοδυναμεί με τη συνολική αλκαλικότητα, ονομάζεται «ανθρακική σκληρότητα». Η υπερβαίνουσα σκληρότητα αυτής ονομάζεται μη ανθρακική σκληρότητα. Όταν η σκληρότητα αριθμητικά είναι ίση ή μικρότερη από το άθροισμα της ανθρακικής και διττανθρακικής αλκαλικότητας, η ολική σκληρότητα είναι ανθρακική σκληρότητα και η μη ανθρακική σκληρότητα απουσιάζει. Η σκληρότητα μπορεί να κυμαίνεται από μηδέν έως εκατοντάδες χιλιοστόγραμμα ανά λίτρο, ανάλογα με την πηγή και την επεξεργασία στην οποία έχει υποβληθεί το νερό [23, 24].

4.2. Χημικές παράμετροι

Ο ολοκληρωμένος έλεγχος του νερού καλύπτει όλα τα στάδια της αλυσίδας, ξεκινώντας από τον συστηματικό έλεγχο των επιφανειακών και υπόγειων νερών, του επεξεργασμένου νερού των διυλιστηρίων και του νερού των σταθμών αφαλάτωσης και τέλος, τον έλεγχο του πόσιμου νερού στη βρύση του καταναλωτή.

Όσον αφορά τον χημικό τους έλεγχο, δείγματα επιφανειακών νερών (υδατοφράκτες και ποταμοί) ελέγχονται για μεγάλο αριθμό ανόργανων και οργανικών παραμέτρων. Τα όρια των παραμέτρων που ελέγχονται συνήθως και οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα [22].

Πίνακας 4-1 Χημικές παράμετροι [22]

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή (σε µg/L)	Επιπτώσεις στον άνθρωπο	Σημειώσεις
Ακρυλαμίδιο	0,10	Προσβάλλει το νευρικό σύστημα (αδυναμία και έλλειψη συντονισμού των κάτω άκρων, παράλυση, καρκινογένεση)	Σημείωση 1

Πίνακας 4-1 Χημικές παράμετροι (συνέχεια)			
Αντιμόνιο	5,0	Δεν υπάρχουν σαφείς ενδείξεις επίπτωσης της περιεκτικότητας του νερού σε αντιμόνιο	
Αρσενικό	10	Ιδιαίτερα τοξικό	
Βενζόλιο	1,0	Καρκινογόνο	
Βενζο-α-πυρένιο	0,010	Καρκινογόνο	
Βόριο	1,0		
Βρωμικά	10		Σημείωση 2
Κάδμιο στα (ανήκει βαρέα μέταλλα)	5,0	Προκαλεί ναυτία, διάρροια, κράμπες προσβολή του ήπατος, νεφρών, οστών και το αίματος	
Χρόμιο	50	Ιδιαίτερα τοξικό	Σημείωση 3
Χαλκός	2,0	Επιπτώσεις στο γαστρεντερικό σύστημα, στο ήπαρ και τα νεφρά, προκαλεί αναιμία	Σημείωση 3
Κυανιούχα	50	Ανήκουν στις ιδιαίτερα τοξικές χημικές ενώσεις	
1,2 -διχλωροαιθάνιο	3,0	Προσβάλλει το κεντρικό νευρικό σύστημα τους πνεύμονες, το ήπαρ, το κυκλοφοριακό και το γαστρεντερικό σύστημα. Μακροχρόνια έκθεση προκαλεί καρκίνο	
Επιχλωρυδρίνη	0,10	Επιπτώσεις στο κεντρικό νευρικό σύστημα, ερεθισμοί στο στομάχι, τα μάτια και το δέρμα, επιδράσεις στα χρωμοσώματα, προσβολή του αίματος	Σημείωση 1
Φθοριούχα	1,5	Αιματολογικές ανωμαλίες σε βρέφη	
Μόλυβδος (ανήκει στα βαρέα μέταλλα)	10	Ιδιαίτερα τοξικός	Σημείωση 3
Υδράργυρος (ανήκει στα βαρέα μέταλλα)	1,0	Εξαιρετικά τοξικός, προσβάλλει τα νεφρά και προκαλεί γαστρίτιδες, δερματίτιδες	
Νικέλιο (ανήκει στα βαρέα μέταλλα)	20	Υπό μορφή αλάτων, μπορεί να προκαλέσει καρκινογένεση	Σημείωση 3

Πίνακας 4-1 Χημικές παράμετροι (συνέχεια)			
Νιτρικά	50	Συνδέονται με καρκίνο του γαστρεντερικού λόγω σχηματισμού νιτροζαμινών	Σημείωση 4
Νιτρώδη	0,50		Σημείωση 4
Παρασιτοκτόνα	0,10		Σημείωση 5 και 6
Σύνολο παρασιτοκτόνων	0,50		Σημείωση 5 και 7
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	0,10		Άθροισμα συγκεντρώσεων συγκεκριμένων ενώσεων Σημείωση 8
Σελήνιο	10		
Τετραχλωροαιθέριο και Τριχλωροαιθέριο	10	Το τριχλωροαιθέριο κατατάσσεται στην ομάδα 3 των καρκινογόνων ενώσεων. Ανάλογη συμπεριφορά ως προς την καρκινογένεση έχει και το τετραχλωροαιθέριο.	Άθροισμα συγκεντρώσεων συγκεκριμένων παραμέτρων
Ολικά τριαλογονομεθάνια	100	Υποπτα για καρκινογένεση.	Άθροισμα συγκεντρώσεων συγκεκριμένων ενώσεων Σημείωση 9
Βινυλοχλωρίδιο	0,5	Προσβάλλει το ήπαρ, έχει καταταγεί στην πρώτη κατηγορία επικινδυνότητας για καρκινογένεση.	Σημείωση 1
<p><i>Σημείωση 1:</i> Η παραμετρική τιμή αναφέρεται στην συγκέντρωση καταλοίπων μονομερούς στο νερό όπως υπολογίζεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές περί μείγστης μετανάστευσης εκ του αντιστοίχου πολυμερούς όταν βρίσκεται σε επαφή με το νερό.</p> <p><i>Σημείωση 2:</i> Εάν είναι δυνατόν, οι Αρμόδιες Αρχές, πρέπει να επιδιώκουν χαμηλότερη τιμή χωρίς να θίγεται η απολύμανση.</p> <p><i>Σημείωση 3:</i> Η τιμή ισχύει για δείγμα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης που λαμβάνεται στη βρύση με μέθοδο δειγματοληψίας που ικανοποιεί τις απαιτήσεις της παρ. 2α του Μέρους Δ του Παραρτήματος II. Οι υπεύθυνοι σε συνεργασία με τις αρμόδιες Αρχές λαμβάνουν υπόψη τα περιστατικά μείγστων επιπέδων που ενδέχεται να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.</p> <p><i>Σημείωση 4:</i> Οι αρμόδιες Αρχές εξασφαλίζουν ότι τηρείται ο όρος $[\text{νιτρικά}]/50 + [\text{νιτρώδη}]/3 < 1$, οι αγκύλες υποδηλούν συγκέντρωση σε mg/l για νιτρικά και για τα νιτρώδη άλατα, καθώς και ότι η τιμή 0,10 mg/l για τα νιτρώδη τηρείται για το νερό που προέρχεται από εγκαταστάσεις επεξεργασίας.</p>			

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

Σημείωση 5: Ως «παρασιτοκτόνα» νοούνται: οργανικά εντομοκτόνα, οργανικά ζιζανιοκτόνα, οργανικά μυκητοκτόνα, οργανικά νηματώδοκτόνα, οργανικά ακαριοκτόνα, οργανικά φυκοκτόνα, οργανικά τρωκτικοκτόνα, οργανικά γλινοκτόνα, συναφή προϊόντα (μεταξύ άλλων, οι ρυθμιστές αύξησης) και οι σχετικοί μεταβολίτες αυτών, προϊόντα αποικοδόμησης και αντίδρασης. Ελέγχονται μόνον τα παρασιτοκτόνα των οποίων πιθανολογείται η παρουσία σε μία δεδομένη παροχή νερού.

Σημείωση 6: Η παραμετρική τιμή ισχύει για κάθε επιμέρους παρασιτοκτόνο. Για τα aldrine, dieldrine, heptachlor, eroxi-heptachlor, η παραμετρική τιμή είναι 0,030 μg/l.

Σημείωση 7: Ως «συνολικά παρασιτοκτόνα» νοείται το άθροισμα όλων των επιμέρους παρασιτοκτόνων που ανιχνεύονται και προσδιορίζονται ποσοτικώς κατά τη διαδικασία παρακολούθησης.

Σημείωση 8: Οι συγκεκριμένες ενώσεις είναι: βενζο(β)φθορανθένιο, βενζο(λ)φθορανθένιο, βενζο(η,θ,ι)περυλένιο, ινδενο(1,2,3-γ,δ)πυρένιο.

Σημείωση 9: Εάν είναι δυνατόν, οι αρμόδιες Αρχές να επιδιώκουν χαμηλότερη τιμή χωρίς να θίγεται η απολύμανση συγκεκριμένες ενώσεις είναι: χλωροφόρμιο, βρωμοφόρμιο, διβρωμοχλωρομεθάνιο, βρωμοδιχλωρομεθάνιο

4.3. Μικροβιολογικές παράμετροι

Όσον αφορά τον μικροβιολογικό έλεγχο των επιφανειακών νερών από υδατοφράκτες και ποταμούς ελέγχονται κυρίως για ολικά κολοβακτηριοειδή, *Escherichia coli* και εντερόκοκκους. Η ομάδα των κολοβακτηρίων περιλαμβάνει όλα τα αερόβια και επαμφοτερίζοντα βακτήρια που εποικοδομούν ενζυματικά την λακτόζη με δημιουργία αερίων. Τα *escherichia coli* είναι ο ευρύτερα γνωστός εκπρόσωπος της ομάδας αυτής, επειδή χρησιμοποιείται συχνά για βακτηριολογικά πειράματα. Οι εντερόκοκκοι είναι μικρόβια πολύμορφα, που εμφανίζονται στον οργανισμό υπό μορφή διπλοκόκκου, σε διάφορα σχήματα.

5. ΑΝΑΛΥΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΙΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ

ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΩΝ

Όσον αφορά στον ποιοτικό έλεγχο, δείγματα επιφανειακών νερών (υδατοφράκτες και ποταμοί) ελέγχονται για μεγάλο αριθμό ανόργανων και οργανικών παραμέτρων με τις κατάλληλες μεθόδους και τεχνικές ελέγχου [25].

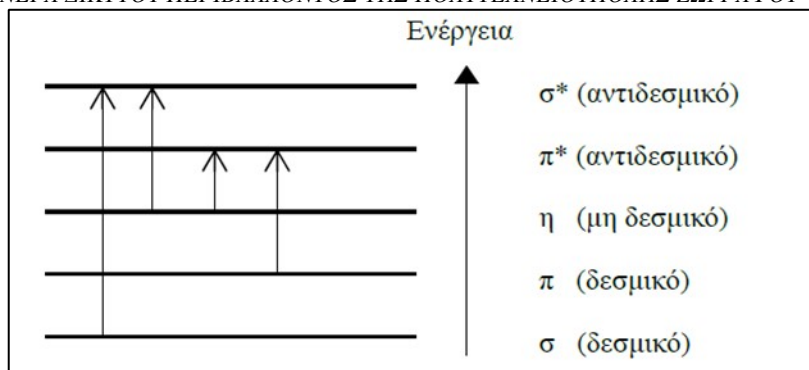
Στη συνέχεια γίνεται αναφορά σε μεθόδους και τεχνικές ελέγχου που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία.

5.1. Φασματοφωτομετρία υπεριώδους-ορατού φωτός (UV-VIS)

Η φασματοφωτομετρία υπεριώδους-ορατού φωτός χρησιμοποιείται κύρια για ποσοτικούς προσδιορισμούς, αφού τα αντίστοιχα φάσματα δίνουν πληροφορίες για ορισμένες μόνο ομάδες ατόμων μέσα στο μόριο και δεν χαρακτηρίζουν το μόριο ως σύνολο. Η UV-VIS χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό ιχνοστοιχείων σε κράματα και ορυκτά όπως και χαρακτηριστικών ομάδων (NO_2^- , SO_3^{2-} , PO_4^{3-}) ενώ βρίσκει εφαρμογή στην Κλινική Χημεία, στην μελέτη της κινητικής των αντιδράσεων, στη φωτομετρική ανάλυση ανόργανων ενώσεων μέσω συμπλοκοποίησης τους, κλπ..

Αρχή της Μεθόδου

Η μέθοδος UV-VIS βασίζεται στην απορρόφηση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (100800nm) από τα μόρια μια διαλυμένης ουσίας, με αποτέλεσμα την μεταπήδηση των ηλεκτρονίων που βρίσκονται σε τροχιακά χαμηλής ενέργειας (σ , π και n) σε αντιδεσμικά τροχιακά υψηλότερης ενέργειας. Πρακτικά, οι μετρήσεις περιορίζονται στην περιοχή του ορατού (400-800 nm) και εγγύς υπεριώδους (190-400 nm), αφού ο αέρας και το υλικό των κυψελίδων απορροφούν στην περιοχή 100-190 nm.



Εικόνα 5-1 Μεταπήδηση ηλεκτρονίων από μοριακά τροχιακά χαμηλής ενέργειας (σ, π και η) σε τροχιακά υψηλότερης ενέργειας(σ*, π*), μετά την απορρόφηση της προσπίπτουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Στο φασματοφωτόμετρο UV-VIS το μετρούμενο μέγεθος είναι η διαπερατότητα T (transmittance), η οποία ορίζεται από τη σχέση:

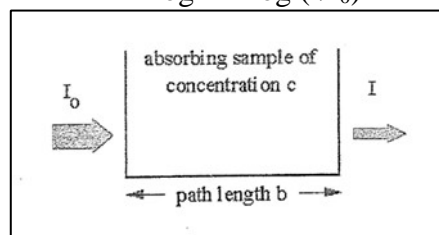
$$T = I/I_0$$

όπου I_0 : η αρχική ένταση της ακτινοβολίας

I: η ένταση της ακτινοβολίας μετά τη μερική απορρόφησή της από το δείγμα

Η συσχέτιση μεταξύ απορροφητικότητας A (absorbance) και διαπερατότητας δίνεται από τη σχέση:

$$A = -\log T = -\log (I/I_0)$$



Εικόνα 5-2 Η συγκέντρωση ενός στοιχείου στο διάλυμά του μπορεί να προσδιορισθεί μετρώντας την απορροφητικότητά του σε συγκεκριμένο μήκος κύματος και εφαρμόζοντας το νόμο LambertBeer.

Στο εργαστήριο μετριέται η απορρόφηση προτύπων διαλυμάτων και στη συνέχεια με μαθηματική επεξεργασία συσχετίζεται η συγκέντρωση με την απορρόφηση και τελικά

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

σχεδιάζεται η καμπύλη αναφοράς. Με τη μέτρηση της απορρόφησης του άγνωστου διαλύματος προκύπτει η συγκέντρωσή του από την καμπύλη αναφοράς.

Εφαρμογή της φασματοφωτομετρίας υπεριώδους-ορατού αποτελεί ο ποσοτικός προσδιορισμός ορισμένων μόνο ομάδων μέσα στο μόριο από τα αντίστοιχα φάσματα. Έτσι μπορούν να προσδιορισθούν ιχνοστοιχεία σε κράματα και ορυκτά, σε διαλύματα, σε φάρμακα, στον προσδιορισμό τύπου συμπλόκων κ.λπ..

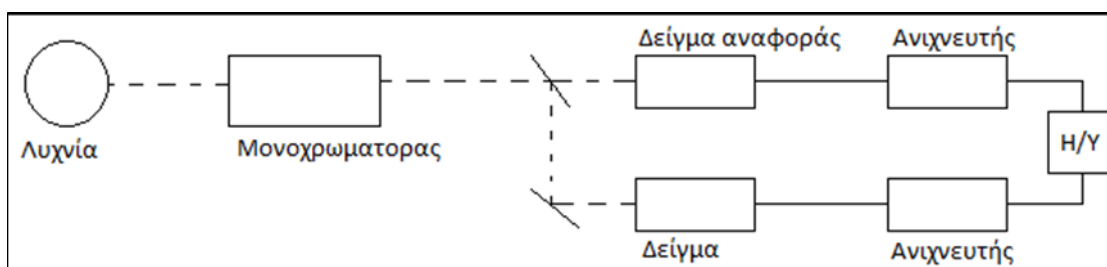
Το όριο ανίχνευσης της συγκεκριμένης μεθόδου είναι 0,1 ppm και η ακρίβεια 2-5% .

Ένα φασματοφωτόμετρο υπεριώδους-ορατού περιλαμβάνει:

- τη λυχνία (πηγή φωτός), που είναι συνήθως λυχνία υδρογόνου ή δευτερίου για μετρήσεις στην περιοχή υπεριώδους και βολφραμίου για μετρήσεις στην περιοχή του ορατού.
- Το μονοχρωμάτορα, που χρησιμοποιείται για την απομόνωση της ακτινοβολίας συγκεκριμένου μήκους κύματος.
- Τις κυψελίδες (ή κυψελίδα) με το δείγμα
- Τους ανιχνευτές (ή ανιχνευτή).

Ηλεκτρονικό Υπολογιστή με περιφερειακές μονάδες.

Ένα φασματοφωτόμετρο υπεριώδους-ορατού μπορεί να είναι απλής ή διπλής δέσμης [25, 26].



Εικόνα 5-3 Διάγραμμα ροής φασματοφωτόμετρου UV-VIS διπλής δέσμης

Υπολειμματικό χλώριο

Είναι μια σημαντική παράμετρος διότι αποδεικνύει εάν η χλωρίωση ήταν αποτελεσματική και επαρκής. Είναι το ενεργό χλώριο υπό τη μορφή υποχλωριώδους οξέως (HOCl). Το ενεργό χλώριο αποτελείται από ενώσεις χλωρίου που ανιχνεύονται στο νερό και έχουν απολυμαντική δράση. Το χλώριο μετράται σε ppm. Το χλώριο υπό την μορφή αερίου (Cl₂) όταν διαλυθεί στο νερό δίνει ενώσεις με ισχυρή δράση εναντίον των βακτηρίων και των ιών. Προσφέρει επίσης μία προστασία στο νερό που διακινείται στο δίκτυο διανομής εναντίον πιθανής τοπικής μόλυνσης ή ανάπτυξης βακτηρίων που βρίσκονται σε λανθάνουσα κατάσταση.

5.2. Φασματομετρία ατομικής απορρόφησης (AAS)

Η φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης χρησιμοποιείται για τον ποσοτικό προσδιορισμό μεταλλοκατιόντων.

Αποτελεί μια από τις πλέον ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους ανάλυσης για προσδιορισμό μεταλλικών στοιχείων, που προσδιορίζονται ένα ανά κάθε ανάλυση από το χαρακτηριστικό του φάσμα. Η μέθοδος αναπτύχθηκε το 1955 από τον Walsh και συνεργάτες στην Αυστραλία. Αρχή της Μεθόδου

Η αρχή της μεθόδου περιλαμβάνει την ατομοποίηση του δείγματος, που πραγματοποιείται σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, τη διέγερση των παραγόμενων ατόμων, που πραγματοποιείται με απορρόφηση ακτινοβολίας χαρακτηριστικού μήκους κύματος, που παράγεται από εξωτερική πηγή και διαβιβάζεται μέσα στο νέφος των ατόμων του προσδιοριζόμενου στοιχείου και τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των ατόμων (με μέτρηση της προαναφερόμενης ακτινοβολίας απορρόφησης από τα ελεύθερα ουδέτερα άτομα του προσδιοριζόμενου στοιχείου που βρίσκονται στη θεμελιώδη κατάσταση).

Η απορροφούμενη ακτινοβολία αντιστοιχεί στην ενέργεια που απαιτείται για μια ηλεκτρονική μετάπτωση από τη θεμελιώδη κατάσταση σε μια διεγερμένη. Λόγω της ευκολίας και της ταχύτητας ανάλυσης των μετάλλων, για συγκεντρώσεις της τάξης ppm και ppb η μέθοδος βρίσκεται μεταξύ των κυριοτέρων αναλυτικών τεχνικών.

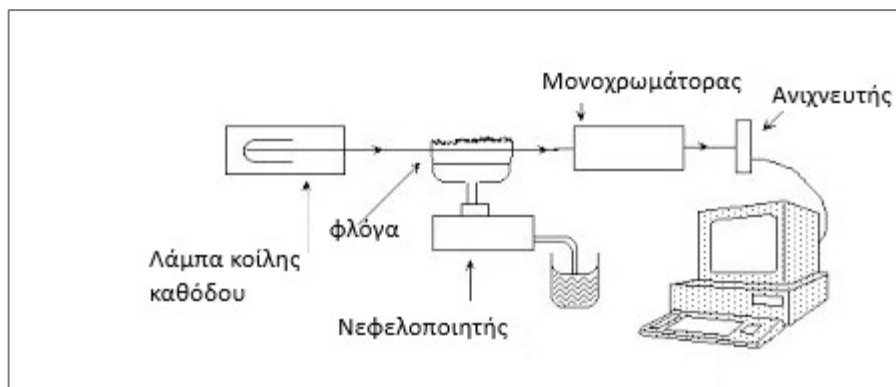
Υπάρχουν δυο είδη φασματομέτρων τα απλής και τα διπλής δέσμης. Στα διπλής δέσμης η παραγόμενη γραμμική ακτινοβολία από την λυχνία αφού διαχωρισθεί σε δυο ίσα μέρη το

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

ένα διέρχεται μέσα από τη φλόγα (κυψελίδα δείγματος), ενώ το άλλο μέσα από τον αέρα (κυψελίδα αναφοράς). Όταν υπάρχει διαφορά στην ισχύ των δύο σημάτων παράγεται εναλλασσόμενο σήμα που ενισχύεται και καταγράφεται. Σημειώνεται ότι καθ' όλη την ανάλυση δεν μεταβάλλονται οι παροχές των αερίων και μεταξύ δυο διαδοχικών μετρήσεων διαβιβάζουμε αποσταγμένο νερό ώστε να διατηρείται καθαρό το τριχοειδές και να επιβεβαιώνεται το σημείο μηδέν της κλίμακας.

Ένα φασματοφωτόμετρο AAS περιλαμβάνει:

- πηγή ακτινοβολίας
- τεμαχιστή
- καυστήρα-εκνεφωτή
- ατομοποιητή με φλόγα
- μονοχρωμάτορα
- ανιχνευτή-ενισχυτή
- καταγραφικό



Εικόνα 5-4 Διάγραμμα ροής φασματοφωτόμετρου AAS

Μια δέσμη ακτινοβολίας κατευθύνεται σε δείγμα και συγκρίνεται η ένταση της εξερχόμενης ακτινοβολίας, όταν το δείγμα περιέχει ή δεν περιέχει χημικές ουσίες που την απορροφούν. Αφού αρχικά ληφθεί το φάσμα της προς προσδιορισμό ένωσης, γίνεται επιλογή του κατάλληλου μήκους κύματος απορρόφησης και όπου αυτό παρουσιάζει τη μέγιστη απορρόφηση.

Στις περιπτώσεις αυτές ισχύει ο νόμος του Beer.

$$\text{Log } I/T = A = \varepsilon \cdot b \cdot c$$

όπου: $\text{Log } I/T = A$ η απορρόφηση ή οπτική πυκνότητα

T: διαπερατότητα %

b: μήκος κυψελίδας

ε : μοριακή απορροφητικότητα

c: συγκέντρωση

Ο νόμος του Beer ισχύει υπό προϋποθέσεις, ανταποκρίνεται ικανοποιητικά για αραιά διαλύματα και παρουσιάζει αποκλίσεις για μερικά συστήματα. Τυχαίες μεταβολές από όργανα (όπως μεταβολές στην ευαισθησία του ανιχνευτή, διακυμάνσεις έντασης της πηγής και του ενισχυτή της ακτινοβολίας) δημιουργούν αποκλίσεις. Εάν υπάρχουν πολλές ουσίες σε δείγμα εμφανίζονται παρεμβολές (επικάλυψης φασματικών γραμμών, απορρόφησης υποστρώματος, παρεμβολές μητρών, αυτοαπορρόφηση, χημικές παρεμβολές, παρεμβολές ιονισμού, θερμοκρασία φλόγας). Η προετοιμασία των δειγμάτων εξαρτάται από τη φύση τους και τη μέθοδο ατμοποίησης. Στην ατμοποίηση με φλόγα για παράδειγμα απαιτείται διάλυση του δείγματος στον κατάλληλο διαλύτη. Η εξαγωγή των αποτελεσμάτων γίνεται με τη βοήθεια καμπύλης αναφοράς [25, 26].

5.3. Συνολικά διαλυμένα στερεά (TDS)

Τα συνολικά διαλυμένα στερεά αναφέρονται στην ποσότητα των διαλυμένων στερεών (συνήθως διάφορες ενώσεις αλάτων, ορυκτά και μέταλλα) σε δεδομένο όγκο νερού. Η περιεκτικότητά τους εκφράζεται σε μέρη ανά εκατομμύριο (γνωστό και ως χιλιοστόγραμμα ανά λίτρο) και προσδιορίζεται στο εργαστήριο με εξάτμιση μιας μικρής ποσότητας νερού και ζύγιση των υπόλοιπων στερεών. Τα συνολικά διαλυμένα στερεά υπολογίζονται συνήθως από την ηλεκτρική αγωγιμότητα. Το εύρος των TDS στο νερό της πόλης είναι συνήθως 200 - 400 ppm [24].

5.4. Αγωγιμομετρία -Πεχαμετρία

Το νερό μπορεί να περιέχει συγκεντρώσεις διαλυμένων αλάτων, τα οποία διασπώνται σε ιόντα. Αυτά τα ιόντα (θετικά φορτισμένα κατιόντα και αρνητικά φορτισμένα ανιόντα) επιτρέπουν στο νερό ή το διάλυμα να άγει ηλεκτρικό ρεύμα και γι' αυτό ονομάζονται ηλεκτρολύτες. Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι επομένως ένα μέτρο της καθαρότητας του νερού. Η χαμηλή αγωγιμότητα αντιστοιχεί σε κατάσταση υψηλής καθαρότητας. Η

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

διαδικασία ανταλλαγής ιόντων είναι μοναδικά κατάλληλη για την αφαίρεση ιόντων από τα αποθέματα νερού για διάφορους λόγους. Πρώτον, τα ανεπιθύμητα ιόντα μπορεί να υπάρχουν σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Δεύτερον, οι μοντέρνες ρητίνες ανταλλαγής ιόντων έχουν υψηλές χωρητικότητες και μπορούν να αφαιρέσουν τα ανεπιθύμητα ιόντα επιλεκτικά. Τρίτον, οι σύγχρονες ρητίνες ανταλλαγής ιόντων είναι σταθερές και αναγεννούνται εύκολα, επιτρέποντας έτσι την επαναχρησιμοποίησή τους [24].

Σε κάθε διάλυμα η αγωγιμότητα είναι διαφορετική και εξαρτάται από το μήκος διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος, τη διατομή του αγωγού και την ειδική αντίσταση.

Η τιμή του pH του νερού (ορίζεται ως ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των κατιόντων υδρογόνου) αντικατοπτρίζει τη χημική του σύσταση, επηρεάζοντας παράλληλα χημικές αντιδράσεις επιταχύνοντας ή παρεμποδίζοντας τες. Επίσης μπορεί να χρησιμεύσει ως δείκτης ρύπανσης.

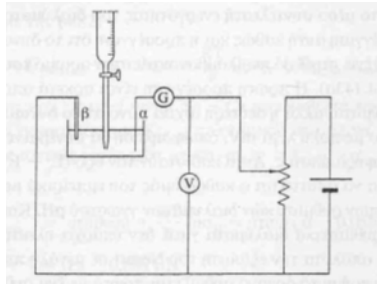
Το pH των φυσικών νερών παρά τις ποικίλες μεταβολές παραμένει αμετάβλητο εξαιτίας της μεγάλης ρυθμιστικής ικανότητας των νερών. Σε περιπτώσεις όπου εξωγενείς παράγοντες παρεμβαίνουν, το pH υφίσταται αξιόλογες και σχετικώς μόνιμες μεταβολές. Η όξινη βροχή, τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα ακόμα και η σύσταση του υπεδάφους της λεκάνης απορροής συμβάλλουν ουσιαστικά στη διαμόρφωση του pH. Τιμές του pH άνω του 7 παρατηρούνται σε φαινόμενα έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας-ευτροφισμού, αλλά και σε αυξημένες συγκεντρώσεις ασβεστίου, νατρίου και μαγνησίου.

5.5. Τιτλοδοτική Ηλεκτρομετρία με ηλεκτρόδιο REDOX -Προσδιορισμός χλωριόντων

Με τις ποτενσιομετρικές τιτλοδοτήσεις προσδιορίζεται η συγκέντρωση (η ενεργότητα) μιας ουσίας σε διάλυμα παρακολουθώντας την εξέλιξη μιας αντίδρασης τιτλοδότησης.

Το κελί διαμορφώνεται βυθίζοντας στο προς ογκομέτρηση διάλυμα ένα κατάλληλο εκλεκτικό ηλεκτρόδιο (του οποίου το δυναμικό εξαρτάται από την ενεργότητα της προς προσδιορισμό ουσίας) και ένα εύχρηστο ηλεκτρόδιο αναφοράς.

Τα ηλεκτρόδια συνδέονται όπως στο κύκλωμα παρακάτω:



Εικόνα 5-5 Διαμόρφωση κελιού προσδιορισμού χλωριόντων

όπου: α είναι το εκλεκτικό ηλεκτρόδιο και

β το ηλεκτρόδιο αναφοράς.

Μετά από κάθε διαδοχική προσθήκη μικρού όγκου αντιδραστηρίου (V), μετρείται η ηλεκτρεγερτική δύναμη (E) του στοιχείου.

Οι τιμές αυτές καταγράφονται σε διάγραμμα συναρτήσεως της ποσότητας του προστιθέμενου όγκου. Η καμπύλη E-V παρουσιάζει πάντοτε την ίδια σιγμοειδή μορφή, όμως το ακριβές της σχήμα εξαρτάται από τη σταθερά ισορροπίας και τη στοιχειομετρία της εξεταζόμενης αντίδρασης. Το ισοδύναμο σημείο της τιτλοδότησης μπορεί να προσδιοριστεί από το σημείο καμπής της καμπύλης τιτλοδότησης [25].

5.6. Τιτλοδοτική Πεχαμετρία -Προσδιορισμός της ολικής σκληρότητας

Οι αντιδράσεις οι οποίες επιτελούνται, στον συμπλοκομετρικό προσδιορισμό με τιτλοδότη EDTA του Ca και Mg σε νερά, είναι οι εξής:



Αποτέλεσμα των ανωτέρω αντιδράσεων είναι η αύξηση της οξύτητας του αναλύτη. Στη φυσική μέθοδο ανάλυσης που ακολουθεί, το ηλεκτρόδιο δίνει, στην αρχή της τιτλοδότησης μετρήσεις σε mV οι οποίες συνέχεια αυξάνονται μέχρι το ισοδύναμο σημείο.

Όταν σταματήσει να αντιδρά το EDTA με τα ιόντα του Ca και Mg που υπάρχουν στο νερό, αρχίζει να μειώνεται η μέτρηση των mV, εξαιτίας της υδρόλυσης του άλατος του EDTA, μιας και σταματάει η παραγωγή των υδρογονοκατιόντων εξαιτίας των αντιδράσεων (1) και (2). Το γεγονός αυτό παρατηρείται στις καμπύλες τιτλοδότησης στα αποτελέσματα της μέτρησης [25].

B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

6. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Στόχος της δειγματοληψίας είναι η συλλογή ενός μέρους του υλικού αρκετά μικρό σε όγκο, ώστε να μεταφέρεται με ευκολία και αρκετά μεγάλο για τους αναλυτικούς σκοπούς, ενώ παράλληλα να παραμένει αντιπροσωπευτικό.

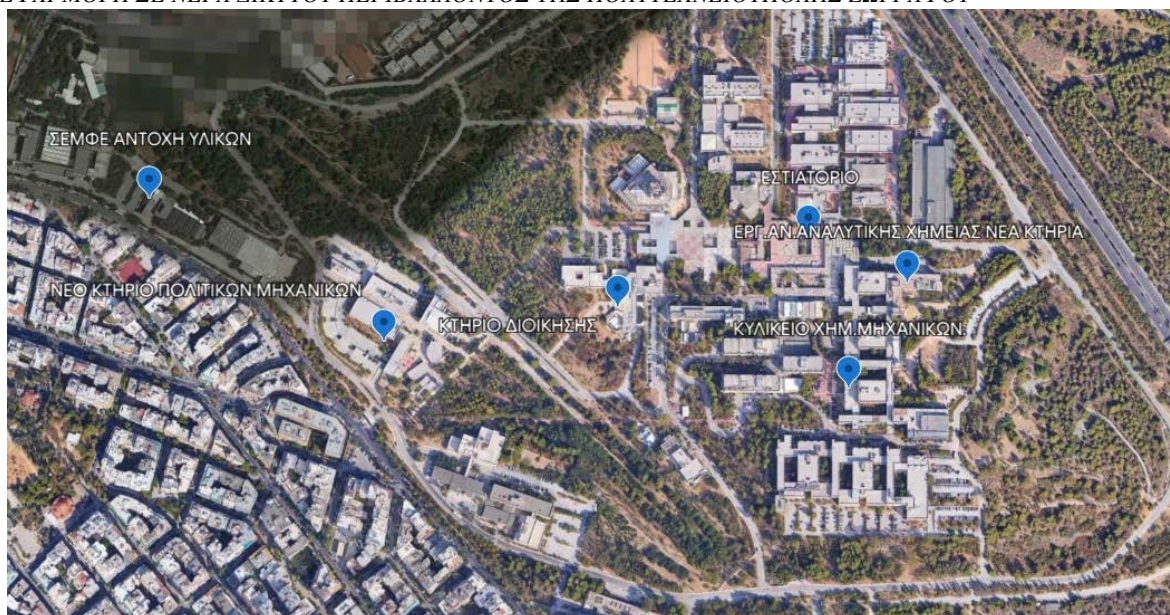
Ο τύπος του περιέκτη δείγματος είναι μεγάλης σημασίας. Τα δοχεία είναι συνήθως κατασκευασμένα από πλαστικό ή γυαλί, αλλά το ένα υλικό μπορεί να προτιμάται έναντι του άλλου. Για παράδειγμα, το πυρίτιο, το νάτριο και το βόριο μπορεί να εκπλυθούν από μαλακό γυαλί αλλά όχι πλαστικό και ίχνη ορισμένων φυτοφαρμάκων και μετάλλων μπορεί να απορροφηθούν στα τοιχώματα των γυάλινων δοχείων. Επομένως, προτιμώνται τα σκληρά γυάλινα δοχεία δειγμάτων. Για δείγματα που περιέχουν οργανικές ενώσεις, δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται πλαστικά δοχεία, εκτός από αυτά που είναι κατασκευασμένα από φθοριούχα πολυμερή όπως π.χ. πολυτετραφθοροαιθυλένιο (PTFE).

Η συλλογή των δειγμάτων, που έγινε κατά τον Ιούνιο του 2023 σε θερμοκρασία περιβάλλοντος γύρω στους 23 °C. Η συλλογή του νερού γεώτρησης πραγματοποιείται αφήνοντας να τρέξει το νερό για 2-3 λεπτά. Με αυτό τον τρόπο, απομακρύνεται ποσότητα νερού που είναι απαραίτητη για να καθαρίσει τον σωλήνα από το στάσιμο νερό και να απομακρύνει όλα τα ιζήματα και τα εγκλωβισμένα αέρια. Έπειτα, ρυθμίζεται η παροχή τουλάχιστον σε 0,5 l/min. Τέλος το δείγμα συλλέγεται, αφού ο όγκος του νερού στο δοχείο έχει υπερχειλίσει σε όγκο το δοχείο δειγματοληψίας [26].

Η πλήρης συντήρηση δειγμάτων, βιομηχανικών αποβλήτων, ή φυσικών νερών, είναι μια πρακτική αδύνατη, διότι η πλήρης σταθερότητα για κάθε συστατικό δεν μπορεί ποτέ να επιτευχθεί. Στην καλύτερη περίπτωση, οι τεχνικές συντήρησης επιβραδύνουν μόνο τις χημικές και βιολογικές αλλαγές, που αναπόφευκτα συνεχίζονται μετά τη συλλογή του δείγματος.

Τα σημεία δειγματοληψίας στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ



Εικόνα 6-1 Σημεία δειγματοληψίας στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου

ΘΕΣΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΚΩΔΙΚΟΣ
1	ΣΕΜΦΕ Κτήριο Αντοχής Υλικών	1-Κ.Α.Υ.
2	Νέο Κτήριο Πολίτικων Μηχανικών	2-Κ.Π.Μ.
3	Κτήριο Διοίκησης	3-Κ.Δ.
4	Εστιατόριο	4-ΕΣΤ
5	Κυλικείο Χημικών Μηχανικών	5-Κ.Χ.Μ.
6	Εργαστήριο Αναλυτικής Χημείας Νέα Κτήρια	6-Ε.Α.Χ.

7. ΕΦΑΡΜΟΦΗ ΗΛΕΚΤΡΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ pH, ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ, ΟΛΙΚΩΝ ΔΙΑΛΕΛΥΜΕΝΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ .

7.1. Περιγραφή οργανολογίας –Μέθοδος

Μέτρηση pH

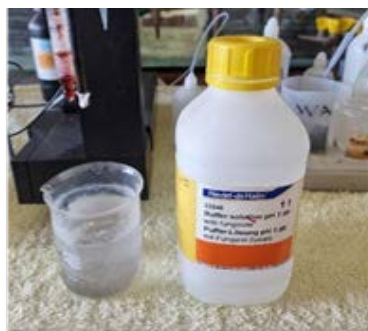
Για τη μέτρηση του pH, χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρόδιο κατιόντων υδρογόνου (H^+) της εταιρίας Orion.

Βαθμονόμηση οργάνου

Ανάλογα με την πρόβλεψη της αναμενόμενης τιμής pH , χρησιμοποιείται το κατάλληλο πρότυπο διάλυμα βαθμονόμησης (buffer solution). Βυθίζεται αρχικά το ηλεκτρόδιο (σε βάθος περίπου 4 εκατοστών) σε buffer pH 7, της sigma aldrich και αφήνεται για λίγα λεπτά, ώστε να σταθεροποιηθεί η ένδειξη. Στη συνέχεια ακολουθεί η μέτρηση.



Εικόνα 7-1 Ηλεκτρόδιο H^+

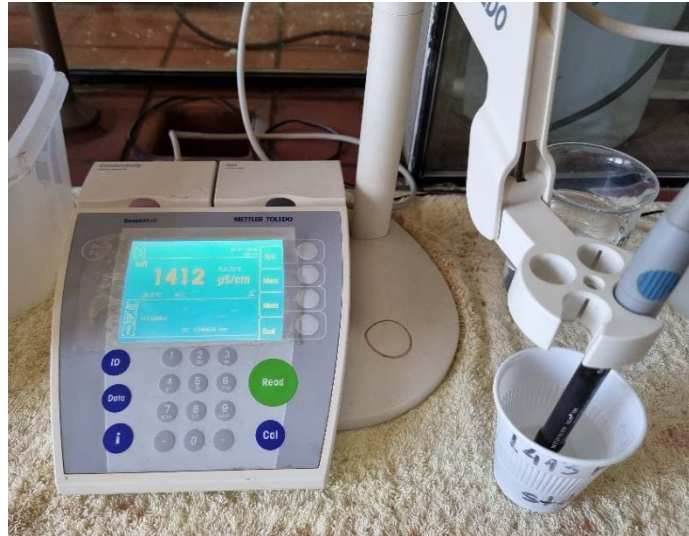


Εικόνα 7-2 Buffer solution pH 7

Τοποθετούμε με την σειρά το ηλεκτρόδιο στα δείγματα, ξεπλένοντας ενδιάμεσα (μετά από κάθε μέτρηση) το ηλεκτρόδιο με απιονισμένο νερό. Καταγράφουμε τη μέτρηση αφού σταθεροποιηθεί η ένδειξη. Η ακρίβεια της μέτρησης δίνεται από τον κατασκευαστή ($\pm 0,2$).

Μέτρηση Αγωγιμότητας

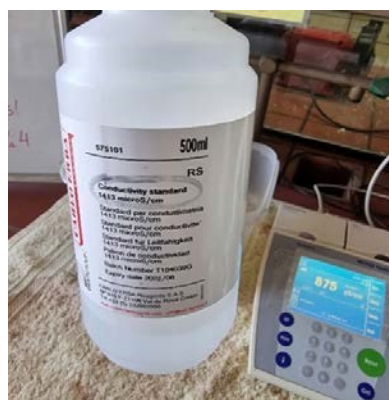
Η μέτρηση της αγωγιμότητας των δειγμάτων έγινε με αυτόματο αγωγιμόμετρο της mettler Toledo.



Εικόνα 7-3 Αγωγιμόμετρο metter Toledo

Επιλογή ενός προτύπου – Βαθμονόμηση

Τα τρία προκαθορισμένα πρότυπα είναι τα εξής: $84 \mu\text{S}/\text{cm}$, $1413 \mu\text{S}/\text{cm}$, $12.88 \mu\text{S}/\text{cm}$. Επειδή έχουμε δείγματα πόσιμου νερού χρησιμοποιούμε το πρότυπο διάλυμα με $1413 \mu\text{S}/\text{cm}$. Ρυθμίζουμε το αγωγιμόμετρο στις καθορισμένες τιμές προτύπου βαθμονόμησης και πατάμε το πλήκτρο Cal. Θα εμφανιστούν στην οθόνη οι σχετικές ενδείξεις που θα χρησιμοποιηθούν στη μέτρηση.



Εικόνα 7-4 Πρότυπο διάλυμα (1413 μ S/cm)

Τοποθετούμε διαδοχικά τα δείγματα αφού πρώτα καθαρίσουμε το ηλεκτρόδιο με απιονισμένο νερό (από μέτρηση σε μέτρηση) και πατάμε το πλήκτρο read [27].

7.2. Αποτελέσματα-Σχολιασμός

Τα αποτελέσματα για τις τιμές pH και της αγωγιμότητας παρουσιάζονται στους Πίνακες που ακολουθούν.

Πίνακας 7-1 Τιμές pH δειγμάτων

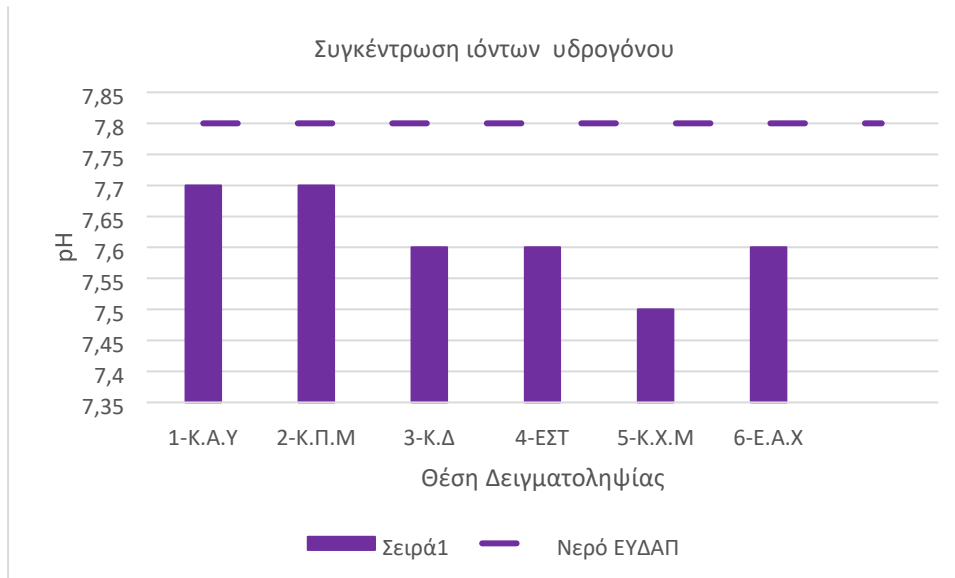
ΘΕΣΗ	pH
1-Κ.Α.Υ.	7,7 \pm 0,2
2-Κ.Π.Μ.	7,7 \pm 0,2
3-Κ.Δ.	7,6 \pm 0,2
4-ΕΣΤ	7,6 \pm 0,2
5-Κ.Χ.Μ.	7,5 \pm 0,2
6-Ε.Α.Χ.	7,6 \pm 0,2

Το όργανο επιτρέπει να γίνει επιλογή μεταξύ των θερμοκρασιών αναφοράς 20 °C και 25 °C. Η αγωγιμότητα του δείγματος θα πρέπει να αναφέρεται στην επιλεγμένη θερμοκρασία (25°C) κατά τη διάρκεια της μέτρησης. Το σφάλμα της μέτρησης είναι \pm 0,5 % της μετρούμενης τιμής σύμφωνα με το εγχειρίδιο χρήσης του οργάνου.

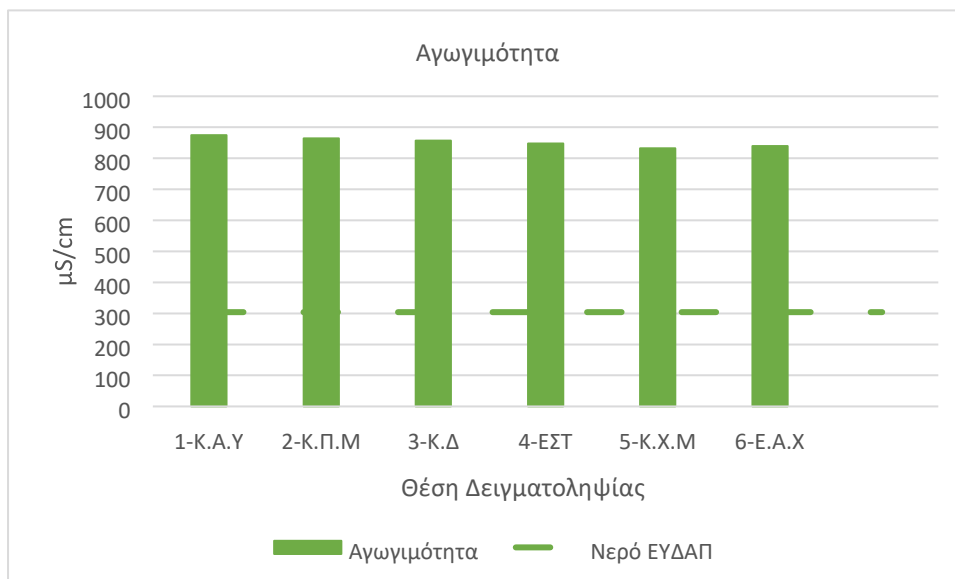
Πίνακας 7-2 Τιμές Αγωγιμότητας δειγμάτων

ΘΕΣΗ	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μ S/cm)
1-Κ.Α.Υ.	875,0 \pm 4,4
2-Κ.Π.Μ.	864,0 \pm 4,3
3-Κ.Δ.	857,0 \pm 4,3
4-ΕΣΤ	848,0 \pm 4,2
5-Κ.Χ.Μ.	832,0 \pm 4,2
6-Ε.Α.Χ.	839,0 \pm 4,2

Στα διαγράμματα 7-1 και 7-2 παρουσιάζονται τα ραβδογράμματα των τιμών του pH και της αγωγιμότητας καθώς και η αντίστοιχη τιμή της ΕΥΔΑΠ.



Διάγραμμα 7-1 Τιμές pH ανά δείγμα (Η διακεκομμένη αντικατοπτρίζει την τιμή της ΕΥΔΑΠ)



Διάγραμμα 7-2 Τιμές αγωγιμότητας ανά δείγμα
(Η διακεκομμένη αντικατοπτρίζει την τιμή της ΕΥΔΑΠ)

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

Η παρουσία αλάτων στο υπόγειο νερό σχετίζεται με το είδος των πετρωμάτων στα οποία κινείται, τον χρόνο παραμονής, την ταχύτητα ροής κ.λπ.

Τα ολικά διαλελυμένα στερεά (T.D.S) εκφράζουν τη συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων στο νερό αλάτων, χωρίς να περιλαμβάνονται τα αιωρούμενα ιζήματα, τα κolloειδή και τα διαλυμένα αέρια. Δηλ. τα T.D.S αποτελούν ένα δείκτη μεταλλικότητας (αλατότητας) και συνδέεται με την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) με τις σχέσεις: T.D.S (ppm) ~ 0,65 (EC) (μS/cm) [6].

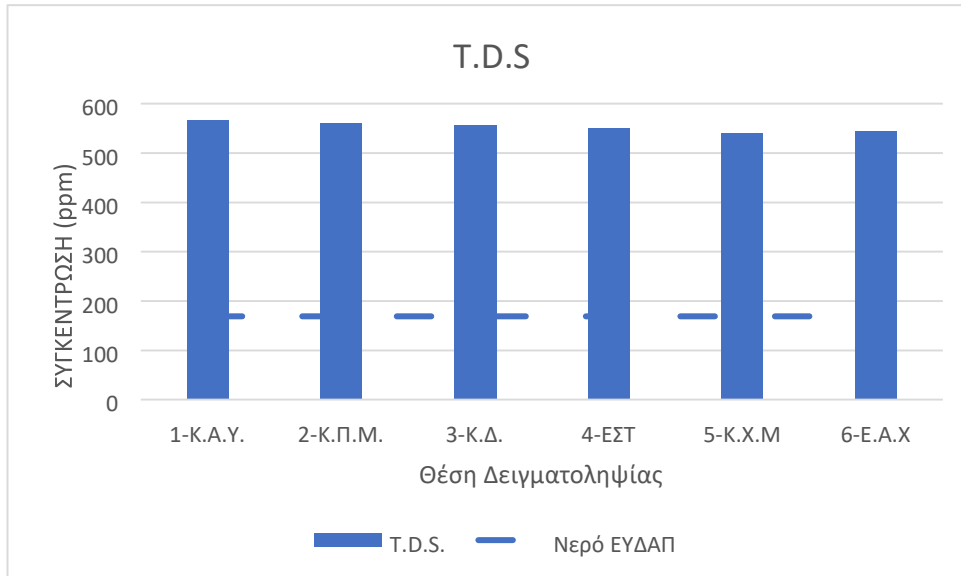
Πίνακας 7-3 Τιμές ολικών διαλελυμένων στερεών

ΘΕΣΗ	Ολικά διαλελυμένα στερεά (ppm)
1-Κ.Α.Υ.	568
2-Κ.Π.Μ.	561
3-Κ.Δ.	557
4-ΕΣΤ	551
5-Κ.Χ.Μ.	540
6-Ε.Α.Χ.	545

Σχολιασμός:

Επιθυμητό, από άποψη υγιεινής, είναι το pH του νερού να κυμαίνεται γύρω από την ουδέτερη ως την ελαφρά αλκαλική περιοχή. Δεν παρατηρούνται διαφοροποιήσεις σε σχέση με παλαιότερες μετρήσεις και μετρήσεις για το νερό της ΕΥΔΑΠ. Όλες οι τιμές του pH βρίσκονται εντός των επιτρεπτών ορίων για το πόσιμο νερό. Οι τιμές των ολικών διαλελυμένων στερεών προέκυψαν από έναν μέσο συντελεστή 0,65 επί της αγωγιμότητας. Η μέτρηση της αγωγιμότητας αποτελεί μία σαφή ένδειξη εάν η ολική περιεκτικότητα σε διαλυμένα άλατα είναι υψηλή ή χαμηλή. Όταν η συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων στο νερό υπερβεί τα 600 mg/l αρχίζει να επέρχεται αλλοίωση της γεύσης του, η οποία γίνεται μη ανεκτή σε συγκεντρώσεις που υπερβαίνουν τα 1200 mg/l. Υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένων στερεών αλάτων δημιουργούν επίσης καθαλατώσεις στο δίκτυο και τις ηλεκτρικές συσκευές. Οι τιμές της αγωγιμότητας βρίσκονται εντός των επιτρεπόμενων ορίων για το πόσιμο νερό και δεν παρατηρούνται διαφοροποιήσεις από παλαιότερες

μετρήσεις (ΚΕΦ.12). Σε σύγκριση με το νερό της ΕΥΔΑΠ παρατηρούνται υπερδιπλάσιες τιμές.



Διάγραμμα 7-3 Τιμές ολικών διαλυμένων στερεών ανά δείγμα

(Η διακεκομμένη αντικατοπτρίζει την τιμή της ΕΥΔΑΠ)

8. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΙΤΛΟΔΟΤΙΚΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΕΤΡΙΑΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ REDOX: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΧΛΩΡΙΟΝΤΩΝ.

Στη παρούσα διπλωματική εργασία προσδιορίστηκε η συγκέντρωση των χλωριόντων σε έξι δείγματα νερού πραγματοποιώντας δύο επαναλήψεις για το καθένα, με χρήση ηλεκτροδίου redox αργύρου-χλωριούχου αργύρου και τιτλοδότη με πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου (AgNO_3) συγκέντρωσης 0,01 M.

Το ηλεκτρόδιο δίνει απότομα αυξημένο σήμα όταν αρχίσουν να ανιχνεύονται ιόντα Ag^+ στο διάλυμα, δηλαδή αμέσως μετά τη δέσμευση όλων των χλωριόντων, που υπάρχουν στο υδατικό διάλυμα από το AgNO_3 . Το γεγονός αυτό παρατηρείται στις καμπύλες τιτλοδότησης στα αποτελέσματα της μέτρησης.

8.1. Περιγραφή οργανολογίας

Στην παρακάτω εικόνα εμφανίζεται το πλήρες σύστημα του τιτλοδότη της εταιρίας Orion



Εικόνα 8-1 Σύστημα τιτλοδότη

Αποτελείται από το μηχανικό, το ηλεκτρονικό μέρος και τον εκτυπωτή. Το μηχανικό μέρος διακρίνεται στην εικόνα β και αποτελείται από την δοσιμετρική αντλία μεγάλης ακρίβειας, τον αναδευτήρα, το ηλεκτρόδιο redox, και το ακροφύσιο εκροής (dispenser), μέσω του οποίου γίνεται η προσθήκη του τιτλοδότη στο προς ανάλυση διάλυμα. Το ηλεκτρονικό μέρος (controller) ελέγχει την αντλία και δέχεται ηλεκτρικά σήματα. Το ηλεκτρόδιο redox στέλνει κατά τη διάρκεια της μέτρησης ηλεκτρικό σήμα προς το ηλεκτρονικό μέρος της συσκευής (στο αριστερό μέρος της εικόνας α) που το επεξεργάζεται ανάλογα με τις

ρυθμίσεις που έχουν γίνει από το χρήστη, και εκτυπώνει τα αποτελέσματα. Ηλεκτρικό σήμα προς το ηλεκτρονικό μέρος της συσκευής δίνει και η μηχανική αντλία, όσον αφορά στον όγκο που προστίθεται στον αναλύτη [28].

8.2. Διαδικασία μέτρησης

Αντιδραστήρια: Πρότυπο διάλυμα AgNO_3 συγκέντρωσης 0,01 M, νερό δικτύου του ΕΜΠ.

Δείγμα 50 ml νερού ΕΜΠ

- Το πρότυπο διάλυμα AgNO_3 0,01M είναι συνδεδεμένο με την αντλία του αυτόματου τιτλοδότη. Αρχικά γίνεται έκπλυση του συστήματος (πατώντας το πλήκτρο dispenser) με διάλυμα AgNO_3 0,01M προς αποφυγή επιμολύνσεων από τυχόν παλαιότερα διαλύματα, που μπορεί να έχει κατακρατήσει η σωλήνωση.
- Μέσω του ηλεκτρονικού μέρους της συσκευής δίνεται βήμα τιτλοδότησης ίσο με 0,5ml αντιδραστηρίου (AgNO_3 0,01M).
- Ο ενδιάμεσος χρόνος που θα μεσολαβήσει από τον διαφορικό όγκο του τιτλοδότη, που έχει πέσει στον αναλύτη και μέχρι να πραγματοποιηθεί η μέτρηση του δυναμικού, ορίζεται στα 4sec. Υπάρχει συνεχής ανάδευση του αναλύτη σε όλο το διάστημα αυτό.

Ο τερματισμός της τιτλοδότησης ορίζεται μετά από χρήση 1 ml αντιδραστηρίου και όταν η τιμή της μετρούμενης από το ηλεκτρόδιο τάσης σταθεροποιηθεί (αφού έχει προηγουμένως εμφανισθεί απότομη αύξηση).

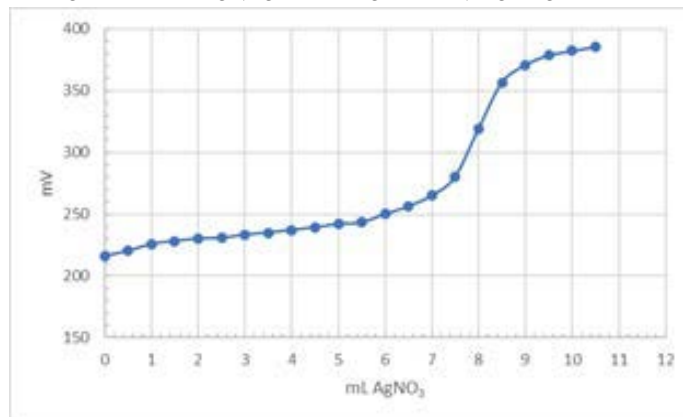
8.3. Αποτελέσματα- Σχολιασμός

Από τον αυτόματο τιτλοδότη καταγράφονται οι μετρήσεις, που αφορούν το συνολικό όγκο του τιτλοδότη AgNO_3 0,01 M, σε σχέση με το σήμα του ηλεκτροδίου που βρίσκεται εμβαπτισμένο στον αναλύτη. Πίνακες που απεικονίζουν τις μετρήσεις για τυπικό δείγμα 1-Κ.Α.Υ και την επαναληπτική μέτρηση δίνονται κατωτέρω.

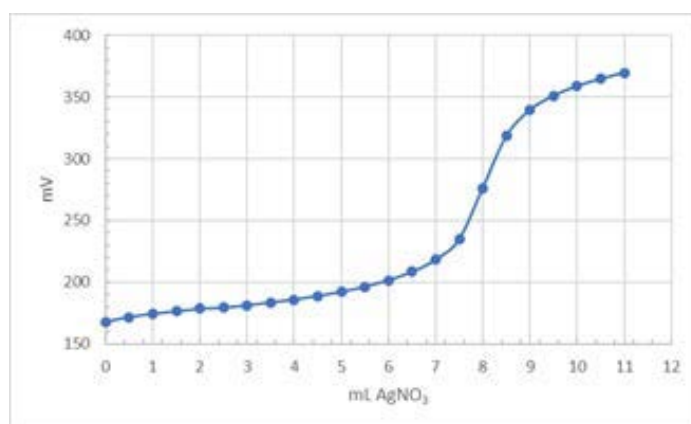
ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ
 Πίνακας 8-1 Μετρήσεις με αυτόματο τιτλοδότη και ηλεκτρόδιο redox για το δείγμα 1
 τιτλοδοτούμενου όγκου 50 ml.

AgNO ₃ 0,01 M (ml)	1 (mV)	1rep (mV)
0,0	216,2	168,1
0,5	220,2	171,8
1,0	225,8	174,5
1,5	228,3	176,5
2,0	230,2	178,6
2,5	230,8	179,4
3,0	233,4	181,4
3,5	235,1	183,6
4,0	237,2	186
4,5	239,4	188,9
5,0	242,0	192,3
5,5	243,4	196,5
6,0	250,1	201,7
6,5	256,3	208,5
7,0	265,1	218,3
7,5	280,1	234,9
8,0	319,1	276,4
8,5	356,6	318,4
9,0	370,9	339,5
9,5	378,8	351,1
10	382,4	359
10,5	385,6	364,8
11	387,7	369,8

Οι αντίστοιχες καμπύλες τιτλοδότησης είναι οι εξής:

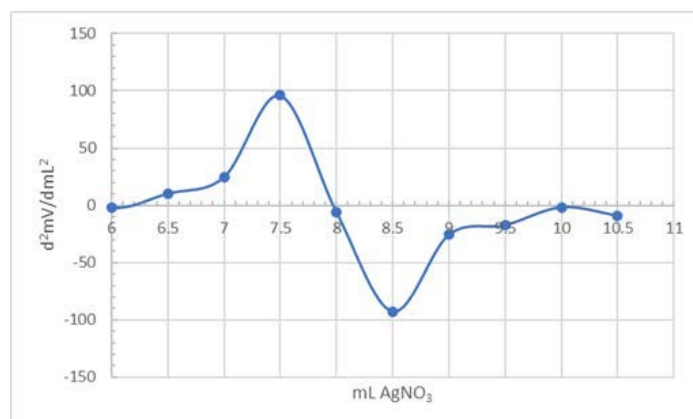


Διάγραμμα 8-1 Καμπύλη τιτλοδότησης για το δείγμα 1-Κ.Α.Υ.

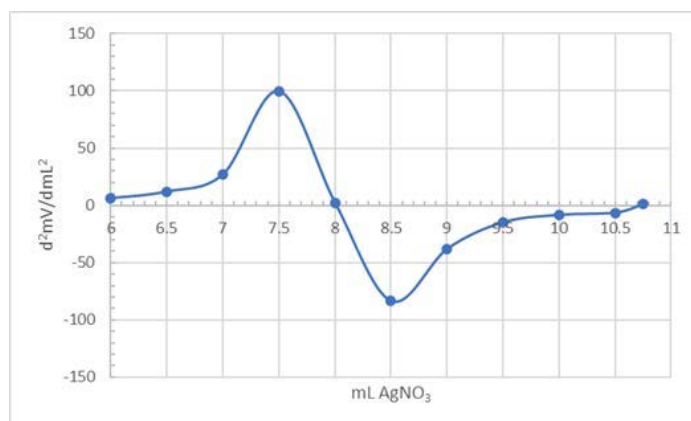


Διάγραμμα 8-2 Καμπύλη τιτλοδότησης επαναληπτικής μέτρησης δείγματος 1-Κ.Α.Υ.

Οι δύο παραπάνω καμπύλες παρουσιάζουν σιγμοειδή μορφή. Το ισοδύναμο σημείο τους προσδιορίζεται με ακρίβεια με τη βοήθεια των διαγραμμάτων των δεύτερων παραγώγων τους. Μετά από επεξεργασία των μετρήσεων με χρήση του Excel, λαμβάνουμε τα παρακάτω διαγράμματα.



Διάγραμμα 8-3 2η παράγωγος της καμπύλης τιτλοδότησης για το δείγμα 1-Κ.Α.Υ



Διάγραμμα 8-4 2η παράγωγος της καμπύλη τιτλοδότησης επαναληπτικής μέτρησης για το δείγμα 1-K.A.Y

Υπολογισμοί

Από τον τύπο: Συγκέντρωση $\text{Cl}^- = 355a/b$ (ppm)

όπου: $a = \text{ml AgNO}_3$ 0,01M

$b = \text{ml νερού που τιτλοδοτείται}$

προσδιορίζεται η συγκέντρωση των χλωριόντων στο νερό

Το ισοδύναμο σημείο για το δείγμα 1, βρίσκεται στα 8,00 mL AgNO_3 0,01 M.

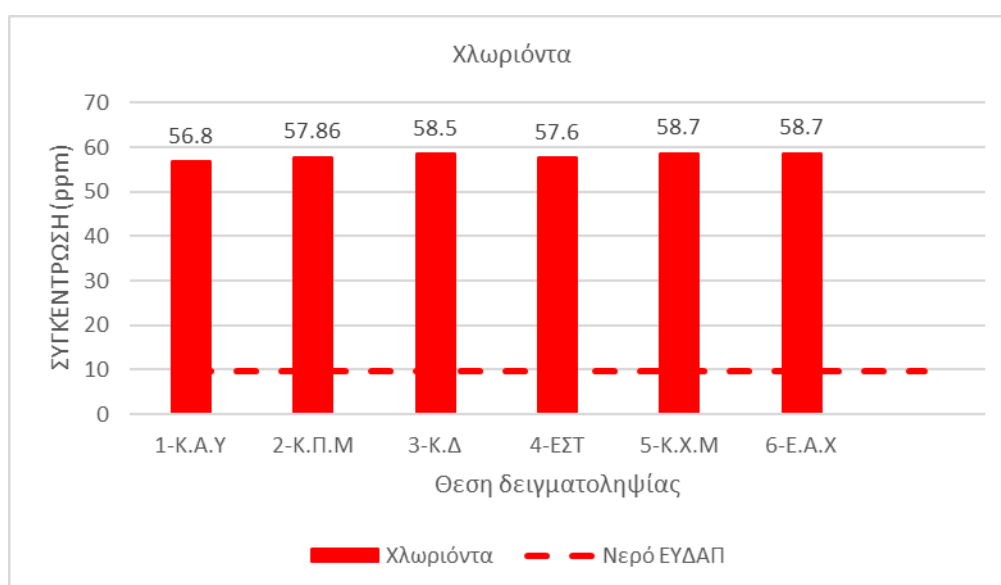
Επομένως, για τα 50 mL νερού ΕΜΠ, προκύπτει ότι η συγκέντρωση των Cl^- στο συγκεκριμένο δείγμα ισούται με 56,80 mg/l ή αλλιώς 56,80 ppm.

Συμπερασματικά ως προς την συγκέντρωση των Cl^- , το συγκεκριμένο δείγμα βρίσκεται εντός των ορίων που ισχύουν για το πόσιμο νερό (μέγιστο 250 mg/l).

Η συγκέντρωση των χλωριόντων για όλα τα δείγματα παρουσιάζεται παρακάτω.

Πίνακας 8-2 Συγκέντρωση χλωριόντων ανά δείγμα

ΘΕΣΗ	Συγκέντρωση Cl ⁻ (ppm)
1-Κ.Α.Υ.	56,8
2-Κ.Π.Μ.	57,8
3-Κ.Δ.	57,6
4-ΕΣΤ	58,5
5-Κ.Χ.Μ.	58,7
6-Ε.Α.Χ.	58,7



Διάγραμμα 8-5 τιμές χλωριόντων ανά δείγμα

(Η διακεκομμένη γραμμή αντικατοπτρίζει την τιμή της ΕΥΔΑΠ)

Σχολιασμός:

Παρατηρώντας τα ανωτέρω διαγράμματα (επανάληψη μετρήσεων) γίνεται αντιληπτό ότι η μέθοδος της τιτλοδότησης για τα χλωριόντα είναι επαναλήψιμη. Παρατηρείται πολύ μικρή απόκλιση της αρχικής και της επαναληπτικής μέτρησης. Δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφοροποιήσεις με παλαιότερες μετρήσεις (ΚΕΦ.12). Οι συγκεντρώσεις των χλωριόντων είναι αυξημένες σχεδόν 6 φορές σε σύγκριση με το νερό της ΕΥΔΑΠ (9,7ppm) χωρίς να υπερβαίνουν το ανώτατο επιτρεπτό όριο για το πόσιμο νερό (250ppm).

9. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΙΤΛΟΔΟΤΙΚΗΣ ΠΕΧΑΜΕΤΡΙΑΣ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΟΛΙΚΗΣ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑΣ

Ο προσδιορισμός της ολικής σκληρότητας νερού πραγματοποιήθηκε με χρήση αυτόματου τιτλοδότη της εταιρίας Ogiom και ηλεκτρόδιο pH.

9.1. Περιγραφή οργανολογίας

Η οργανολογία σε αυτή τη σειρά μετρήσεων είναι όμοια με αυτήν που χρησιμοποιήθηκε στις μετρήσεις προσδιορισμού συγκέντρωσης χλωριόντων.

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

- Πρότυπο διάλυμα EDTA 0,01M, νερό δικτύου του ΕΜΠ.
- Δείγμα 25 ml νερού ΕΜΠ

9.2. Μέθοδος Ανάλυσης

Μέτρηση προσέγγισης του ισοδυναμίου σημείου

- Πρότυπο διάλυμα EDTA 0,01 M είναι συνδεδεμένο με τον αυτόματο τιτλοδότη. Πιέζεται για ορισμένο χρονικό διάστημα το πλήκτρο dispenser ώστε να εκπλυθεί ο σωλήνας που οδηγεί από το διάλυμα του EDTA προς το ακροφύσιο, προς αποφυγή επιμολύνσεων από προηγούμενα αντιδραστήρια.
- Ορίζεται βήμα τιτλοδότησης ίσο με 0,5 ml αντιδραστηρίου (EDTA 0,01 M)
- Ο χρόνος που μεσολαβεί από τον διαφορικό όγκο του τιτλοδότη (με συνεχή ανάδευση σε όλο το διάστημα αυτό) μέχρι να πραγματοποιηθεί η μέτρηση ορίζεται στα 5 sec
- Ο τερματισμός της τιτλοδότησης ορίζεται μετά από χρήση 13 ml αντιδραστηρίου ή όταν η τιμή της μετρούμενης από το ηλεκτρόδιο τάσης καταγράψει πέντε διαδοχικές φθίνουσες μετρήσεις.

Πλέον ακριβής μέτρηση (βήμα 0,2)

Ορίζεται βήμα τιτλοδότησης ίσο με 0,2 ml αντιδραστηρίου (EDTA 0,01 M)

- Με τις κατάλληλες ρυθμίσεις γίνεται εισαγωγή 7 ml EDTA 0,01 M (για εξοικονόμηση χρόνου κατά τη μέτρηση)
- Ο χρόνος που θα μεσολαβήσει από τον διαφορικό όγκο του τιτλοδότη (με συνεχή ανάδευση σε όλο το διάστημα αυτό) μέχρι να πραγματοποιηθεί η μέτρηση ορίζεται στα 5 sec
- Ο τερματισμός της τιτλοδότησης ορίζεται μετά από χρήση 11 ml αντιδραστηρίου ή όταν η τιμή της μετρούμενης από το ηλεκτρόδιο τάσης καταγράψει πέντε διαδοχικές φθίνουσες μετρήσεις.

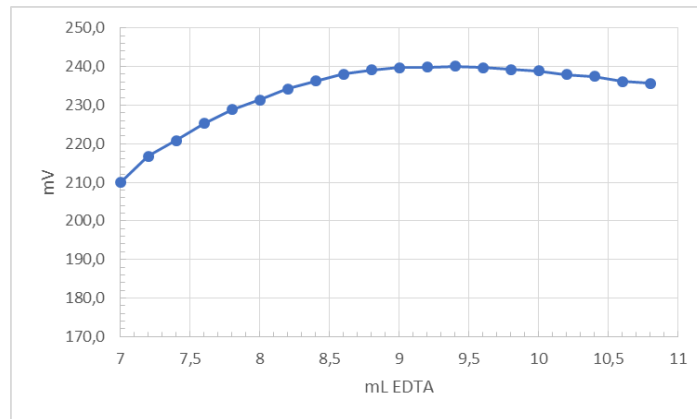
9.3. Αποτελέσματα- Σχολιασμός

Από τον αυτόματο τιτλοδότη καταγράφονται οι μετρήσεις που αφορούν τον συνολικό όγκο του τιτλοδότη (EDTA 0,01M), σε σχέση με το σήμα του ηλεκτροδίου που βρίσκεται εμβαιτισμένο στον αναλύτη. Τυπικοί πίνακες με την πλέον ακριβή μέτρηση παρουσιάζονται κατωτέρω.

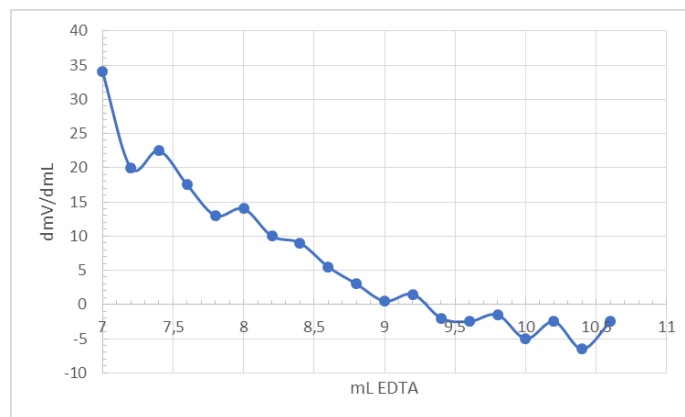
Πίνακας 9-1 μετρήσεις με αυτόματο τιτλοδότη και ηλεκτρόδιο pH για το δείγμα 1-Κ.Α.Υ τιτλοδοτούμενου όγκου 25ml

mL EDTA 0,01M	mV
7,0	210,0
7,2	216,8
7,4	220,8
7,6	225,3
7,8	228,8
8,0	231,4
8,2	234,2
8,4	236,2
8,6	238
8,8	239,1
9,0	239,7
9,2	239,8
9,4	240,1
9,6	239,7
9,8	239,2
10,0	238,9
10,2	237,9
10,4	237,4
10,6	236,1
10,8	235,6

Οι αντίστοιχες καμπύλες τιτλοδότησης είναι:



Διάγραμμα 9-1 καμπύλη τιτλοδότησης για το δείγμα 1-Κ.Α.Υ.



Διάγραμμα 9-2 πρώτη παράγωγος της καμπύλης για το δείγμα 1-Κ.Α.Υ.

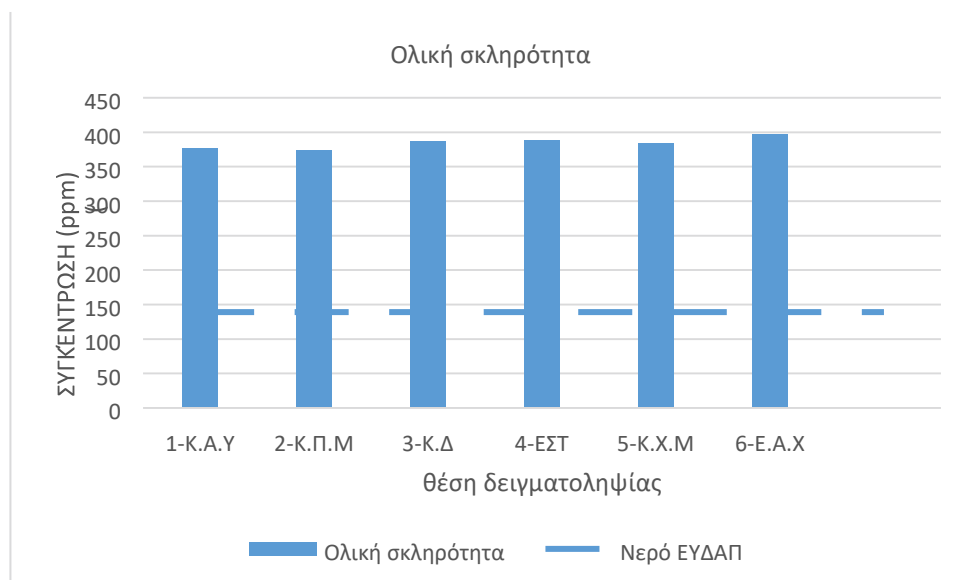
Υπολογισμοί:

Συγκέντρωση $\text{CaCO}_3 = 1000a/b$ (ppm)

Όπου: $a = \text{mL EDTA } 0.01(\text{M})$, $b = \text{mL νερού που τιτλοδοτείται}$

Πίνακας 9-2 ολική σκληρότητα ανά δείγμα

ΘΕΣΗ	Ολική σκληρότητα ως CaCO ₃ (ppm)
1-Κ.Α.Υ.	376
2-Κ.Π.Μ.	374
3-Κ.Δ.	387
4-ΕΣΤ	388
5-Κ.Χ.Μ.	384
6-Ε.Α.Χ.	396



Διάγραμμα 9-3 τιμές ολικής σκληρότητας

(Η διακεκομμένη αντικατοπτρίζει την τιμή της ΕΥΔΑΠ)

Σχολιασμός:

Εφαρμόστηκε μια καινοτόμος μέθοδος καθώς δεν χρησιμοποιείται δείκτης και ρυθμιστικό διάλυμα, παρά μόνο ένα εκλεκτικό ηλεκτρόδιο υδρογονοκατιόντων (ηλεκτρόδιο pH). Η μέθοδος είναι επαναλήψιμη με πολύ μικρή απόκλιση μεταξύ της αρχικής μέτρησης και της επαναληπτικής στα δείγματα που μετρήθηκαν. Η συγκέντρωση προκύπτει από τον μέσο όρο δύο πιο ακριβών επαναληπτικών μετρήσεων. Η επεξεργασία των μετρήσεων έδειξε ότι όλα

τα δείγματα είχαν τιμές ολικής σκληρότητας (mg/l CaCO_3) υπερδιπλάσιες του νερού της ΕΥΔΑΠ (142ppm) και συγκρίσιμες με προηγούμενες μετρήσεις ποιότητας νερού του δικτύου της Πολυτεχνειούπολης. Όλα τα δείγματα με βάση τη νομοθεσία χαρακτηρίζονται ως σκληρά νερά (από 320-420 mg/l CaCO_3).

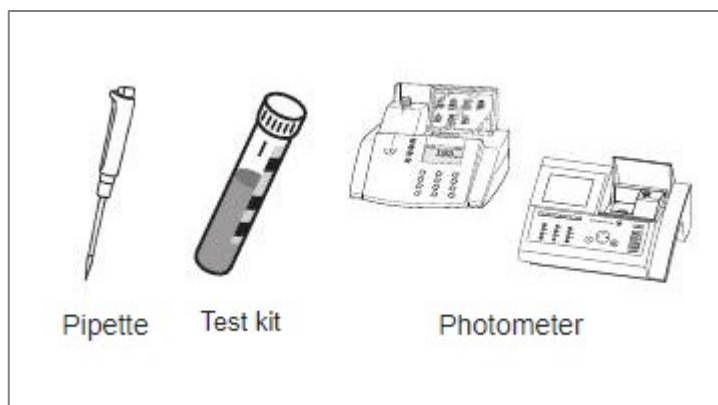
10. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑΣ ΟΡΑΤΟΥ

ΥΠΕΡΙΩΔΟΥΣ: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΙΟΝΤΩΝ ΑΜΜΩΝΙΟΥ, ΝΙΤΡΙΚΩΝ, ΝΙΤΡΩΔΩΝ,

ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ

10.1. Περιγραφή οργανολογίας

Το φασματοφωτόμετρο υπεριώδους-ορατού που χρησιμοποιήθηκε κατά την ανάλυση είναι το Spectroquant Pharo 300. Από το αντίστοιχο εγχειρίδιο χρήσης του οργάνου, στην εικόνα που ακολουθεί φαίνονται τα απαραίτητα εξαρτήματα και αναλυτικές συσκευές.



Εικόνα 10-1 Εξαρτήματα και συσκευή UV VISIBLE

Η χρησιμοποιούμενη πηγή φωτός είναι συνήθως λυχνία υδρογόνου ή δευτερίου για μετρήσεις UV και λαμπτήρας βολφραμίου για μετρήσεις στην περιοχή του ορατού. Για την απομόνωση της ακτινοβολίας σε συγκεκριμένο μήκος κύματος χρησιμοποιείται μονοχρωμάτορας. Τα απαραίτητα στοιχεία βαθμονόμησης όλων των αντιδραστηρίων (test kits) που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό, αποθηκεύονται ηλεκτρονικά [29].

Η τιμή μέτρησης μπορεί να διαβαστεί αμέσως μετά την ανάλυση από την οθόνη του οργάνου στην επιθυμητή μορφή. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το όργανο που χρησιμοποιήθηκε.



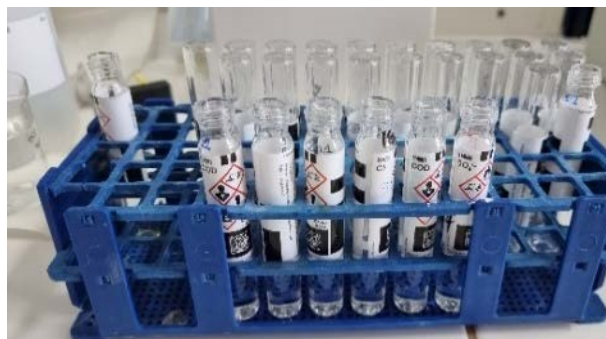
Εικόνα 10-2 Spectroquant Pharo 300

Στην εικόνα 10-3 φαίνονται οι κυψελίδες δειγμάτων (αριστερά μεγάλη, μήκους 50mm και δεξιά μικρή, μήκους 10mm).



Εικόνα 10-3 Κυψελίδες δείγματος

Στην εικόνα 10-4 φαίνονται οι υποδοχείς αντιδραστηρίων (με δείγμα και αναγκαία αντιδραστήρια).



Εικόνα 10-4 Υποδοχείς αντιδραστηρίων

10.2. Προσδιορισμός Αμμωνίας (ιόντων NH_4^+) / Αποτελέσματα-

Σχολιασμός Μέθοδος(1.14752.0001,sigma-Aldrich)

Η αμμωνία ελέγχεται κυρίως ως δείκτης πιθανής μόλυνσης του νερού από βακτήρια, αστικά λύματα και περιττώματα ζώων. Ενώ όμως η τοξικότητα της αμμωνίας και των ιόντων αμμωνίου είναι πολύ μικρή, η παρουσία τους στο πόσιμο νερό έχει αρνητικές επιπτώσεις στην αποτελεσματικότητα της απολύμανσης και δημιουργεί, ανάλογα με την παρουσία άλλων συστατικών, προβλήματα σε διάφορα στάδια της επεξεργασίας, ενώ μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα και την ανάπτυξη δυσάρεστης γεύσης και οσμής.

Το άζωτο, στην ένωση της αμμωνίας, εμφανίζεται εν μέρει με τη μορφή ιόντων αμμωνίου και εν μέρει ως αμμωνία. Μια ισορροπία εξαρτώμενη από το pH, υπάρχει μεταξύ των δύο μορφών σε έντονα αλκαλικό διάλυμα: το άζωτο στην αμμωνία είναι παρόν σχεδόν εξ ολοκλήρου ως αμμωνία, η οποία αντιδρά με έναν παράγοντα χλωρίωσης για να σχηματίσει μονοχλωραμίνη. Αυτό με τη σειρά του αντιδρά με θυμόλη για να σχηματίσει παράγωγο ινδοφαινόλης (μπλε), που προσδιορίζεται φωτομετρικά. Λόγω του εγγενούς κίτρινου χρωματισμού του τυφλού αντιδραστήριου, το διάλυμα μέτρησης έχει κίτρινο-πράσινο έως πράσινο χρώμα.

Ετοιμασία

- Ξεπλένονται τα γυάλινα σκεύη με απεσταγμένο νερό.
- Τα δείγματα αναλύονται αμέσως μετά τη δειγματοληψία
- Το pH πρέπει να είναι εντός του εύρους 4-13
- Απαιτείται φιλτράρισμα θολών δειγμάτων

Διαδικασία (να προσέξουμε τα αντιδραστήρια)

- Εισάγεται δείγμα με πιπέτα των 5ml σε δοκιμαστικό σωλήνα.
- Αντιδραστήριο NH_4^+ -1 0.6ml προστίθεται με πιπέτα και αναδεύεται.
- Αντιδραστήριο NH_4^+ -2 σε σκόνη, προστίθεται και ανακινείται έντονα μέχρι να διαλυθεί πλήρως το αντιδραστήριο.

- Αφήνεται σε ηρεμία για 5 λεπτά.
- Από το αντιδραστήριο NH_4^+ -3 προστίθενται 4 σταγόνες και αναδεύεται.
- Αφήνεται σε ηρεμία για 5 λεπτά, μεταφέρεται το δείγμα μέσα στη κυψελίδα και ακολουθεί η μέτρηση στο φασματοφωτόμετρο.



Εικόνα 10-5 Αντιδραστήρια

Τα αποτελέσματα για τα ιόντα αμμωνίου από την ανάλυση στο φασματοφωτόμετρο υπεριώδους-ορατού παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 10-1 Προσδιορισμός ιόντων αμμωνίου

ΘΕΣΗ	Ιόντα αμμωνίου (ppm)
1-Κ.Α.Υ.	0,009<0.010
2-Κ.Π.Μ.	0,053
3-Κ.Δ.	<0,010
4-ΕΣΤ	0,181
5-Κ.Χ.Μ.	0,121
6-Ε.Α.Χ.	<0,010

Σχολιασμός: Τα δείγματα 1-Κ.Α.Υ., 3-Κ.Δ. και 6-Ε.Α.Χ. παρουσίασαν τιμές κάτω από το όριο ανίχνευσης του οργάνου. Τα δείγματα 2-Κ.Π.Μ., 4-ΕΣΤ, 5-Κ.Χ.Μ. βρέθηκαν εντός των ορίων που ισχύει για το πόσιμο νερό (0,5ppm) και αυξημένες συγκριτικά της ΕΥΔΑΠ (0,02ppm). Δεν υπάρχουν διαφοροποιήσεις από τις προηγούμενες μετρήσεις (2007).

10.3. Προσδιορισμός Νιτρωδών /Αποτελέσματα -Σχολιασμός

Μέθοδος (1.14776.0001 sigma-Aldrich)

Τα νιτρώδη μαζί με τα νιτρικά συμμετέχουν στον κύκλο του αζώτου στην φύση. Ο κίνδυνος από τα νιτρώδη άλατα είναι ότι συμβάλλουν στην μετατροπή της αιμοσφαιρίνης σε μεθαιμοσφαιρίνη, που δεν μπορεί να μεταφέρει το οξυγόνο στον οργανισμό,

Σε όξινο διάλυμα, τα νιτρώδη ιόντα αντιδρούν με το σουλφανιλικό οξύ για να σχηματίσουν ένα άλας διαζωνίου, το οποίο με τη σειρά του αντιδρά με διυδροχλωρική n- 1 ναφθυλο αιθυλενοδιαμίνη για να σχηματίσει μια κόκκινη-ιώδη αζωχρωστική. Αυτή η χρωστική προσδιορίζεται φωτομετρικά. Ετοιμασία

- Τα δείγματα αναλύονται αμέσως μετά τη δειγματοληψία
- Δείγματα που περιέχουν περισσότερο από 1,00 mg/l NO₂-N πρέπει να αραιώνονται με απεσταγμένο ύδωρ
- Το pH πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 2-10
- Απαιτείται φιλτράρισμα θολών δειγμάτων Διαδικασία
- Εισάγεται δείγμα με πιπέτα των 5ml σε δοκιμαστικό σωλήνα
- Αντιδραστήριο NO₂-1 προστίθεται με μικρή σπαθίδα και ανακινήστε ζωηρά μέχρι να διαλυθεί πλήρως το αντιδραστήριο.
- Αφήνεται σε ηρεμία επί 10 λεπτά, μεταφέρεται το δείγμα μέσα στη κυβελίδα και ακολουθεί η μέτρηση στο φωτόμετρο.



Εικόνα 10-6 Αντιδραστήριο

Τα αποτελέσματα για τα νιτρώδη από την ανάλυση στο φασματοφωτόμετρο υπερίωδουζορατού παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 10-2 Προσδιορισμός Νιτρωδών ιόντων

ΘΕΣΗ	ΝΙΤΡΩΔΗ (ppm)
1-Κ.Α.Υ.	0,003
2-Κ.Π.Μ.	0,003
3-Κ.Δ.	0,004
4-ΕΣΤ	0,003
5-Κ.Χ.Μ.	0,002
6-Ε.Α.Χ.	0,001<0,002

Σχολιασμός: Από τα έξι δείγματα το δείγμα 6-Ε.Α.Χ. παρουσίασε τιμή κάτω από το όριο ανίχνευσης του οργάνου. Τα υπόλοιπα πέντε δείγματα είχαν τιμές για τα νιτρώδη εντός των επιτρεπόμενων ορίων που ισχύουν για το για το νερό της ΕΥΔΑΠ και δεν διαφοροποιούνται από προηγούμενες μετρήσεις (2007).

10.4. Προσδιορισμός Νιτρικών /Αποτελέσματα-Σχολιασμός

Μέθοδος (1.09713.0001 Sigma Aldrich)

Τα νιτρικά άλατα, μαζί με τα νιτρώδη συμμετέχουν στον κύκλο του αζώτου στην φύση. Ο κίνδυνος από τη αυξημένη περιεκτικότητα νιτρικών, προέρχεται από την ιδιότητά τους να

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

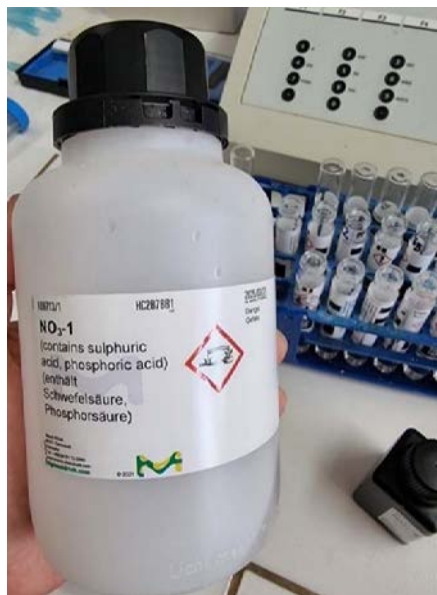
ανάγονται σε νιτρώδη, που συμβάλλουν στην μετατροπή της αιμοσφαιρίνης σε μεθαιμοσφαιρίνη, που δεν μπορεί να μεταφέρει το οξυγόνο στον οργανισμό.

Σε θειικό και φωσφορικό διάλυμα, νιτρικά ιόντα αντιδρούν με 2,6-διμεθυλοφαινόλη για να σχηματίσουν 4- νιτρο-2,6 διμεθυλοφαινόλη που προσδιορίζεται φωτομετρικά. Ετοιμασία

- Τα δείγματα αναλύονται αμέσως μετά τη δειγματοληψία

Διαδικασία

- Αντιδραστήριο NO₃-1 4ml προστίθεται με πιπέτα σε δοκιμαστικό σωλήνα.
- Δείγμα 0,5ml προστίθεται με πιπέτα, χωρίς ανάμιξη
- Αντιδραστήριο NO₃-2 0,5 ml προστίθεται με σιφόνιο και αναμειγνύεται κρατώντας μόνο το πάνω μέρος του σωληναρίου.
- Αφήνεται το διάλυμα εξώθερμης αντίδρασης να ηρεμήσει για 10 λεπτά.
- Γεμίζεται η κυψελίδα και γίνεται η ανάλυση.



Εικόνα 10-7 Αντιδραστήριο NO₃-1



Εικόνα 10-8 Αντιδραστήριο NO₃-2

Τα αποτελέσματα για τα Νιτρικά από την ανάλυση στο φασματοφωτόμετρο υπεριώδους ορατού παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 10-3 Προσδιορισμός Νιτρικών ιόντων

ΘΕΣΗ	ΝΙΤΡΙΚΑ (ppm)
1-Κ.Α.Υ.	8,5
2-Κ.Π.Μ.	8,6
3-Κ.Δ.	8,2
4-ΕΣΤ	7,6
5-Κ.Χ.Μ.	8,1
6-Ε.Α.Χ.	10,3

Σχολιασμός: Όλα τα δείγματα παρουσίασαν τιμές που κυμάνθηκαν από 7,6 έως 10,3 ppm.

Τα αποτελέσματα βρέθηκαν εντός των επιτρεπόμενων ορίων που ισχύουν για το για το πόσιμο νερό (50ppm) αλλά αυξημένες σε σχέση εκείνες της ΕΥΔΑΠ (0,9ppm). Σε σύγκριση με τις προηγούμενες μετρήσεις παρατηρείται σημαντική μείωση 50%.

10.5. Προσδιορισμός υπολειμματικού χλωρίου/Αποτελέσματα-

Σχολιασμός

Μέθοδος (1.00599.0001sigma Aldrich)

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΕ ΝΕΡΑ ΔΙΚΤΥΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΤΗΣ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟΥΠΟΛΗΣ ΖΩΓΡΑΦΟΥ

Η συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου είναι μια σημαντική παράμετρος διότι αποδεικνύει εάν η χλωρίωση είναι αποτελεσματική και επαρκής

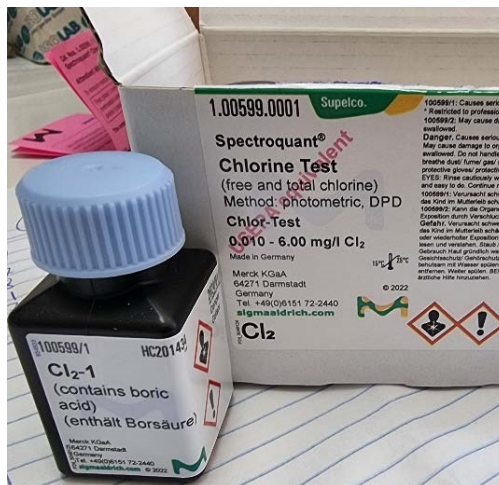
Σε ασθενώς όξινο διάλυμα, το ελεύθερο χλώριο αντιδρά με διπροπυλο-p-φαινυλενοδιαμίνη (DPD) για να σχηματίσει μια κόκκινη ιώδη χρωστική ουσία που προσδιορίζεται φωτομετρικά.

Ετοιμασία

- Τα δείγματα αναλύονται αμέσως μετά τη δειγματοληψία
- Το pH πρέπει να είναι εντός του εύρους 4-8
- Απαιτείται φιλτράρισμα θολών δειγμάτων

Διαδικασία

- Αντιδραστήριο Cl₂-1 τοποθετείται σε δοκιμαστικό σωλήνα
- 10 ml δείγματος, προστίθεται με σιφόνιο και ανακινείται ζωηρά μέχρι να διαλυθεί πλήρως το αντιδραστήριο.



Εικόνα 10-9 Αντιδραστήριο Cl₂-1

Τα αποτελέσματα για το υπολειμματικό χλώριο από την ανάλυση στο φασματοφωτόμετρο υπεριώδους-ορατού παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

,

Πίνακας 10-4 Προσδιορισμός υπολειμματικού χλωρίου

ΘΕΣΗ	ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΟ
1-Κ.Α.Υ.	0,037
2-Κ.Π.Μ.	0,028
3-Κ.Δ.	0,021
4-ΕΣΤ	0,017
5-Κ.Χ.Μ.	0,046
6-Ε.Α.Χ.	0,035

Σχολιασμός: Όλα τα δείγματα παρουσίασαν τιμές που κυμάνθηκαν κάτω από το ελάχιστο όριο που ισχύει για το πόσιμο νερό (0,10 ppm). Επίσης υπάρχει αισθητή μείωση σε σύγκριση με τις προηγούμενες μετρήσεις 0,55 ppm. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε εξάτμιση λόγω υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος, σε μη επαρκή χλωρίωση ή/και σε υποβάθμιση της ποιότητας νερού από τη δεξαμενή χλωρίωσης στο σημείο δειγματοληψίας.

11. ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΦΑΣΜΑΤΟΜΕΤΡΙΑΣ ΑΤΟΜΙΚΗΣ

ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΝΑΤΡΙΟΥ, ΚΑΛΙΟΥ, ΑΣΒΕΣΤΙΟΥ, ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ, ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΥ

Η φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης (Atomic Absorption Spectroscopy, AAS) χρησιμοποιείται για τον ποσοτικό προσδιορισμό χημικών στοιχείων. Με την AAS μπορούμε να προσδιορίσουμε 70 περίπου στοιχεία, με όριο ανίχνευσης 0.01ppm.

11.1. Περιγραφή οργανολογίας

Το φασματοφωτόμετρο μετρά ακτινοβολία σε συγκεκριμένα μήκη κύματος. Για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται πηγή ακτινοβολίας, μονοχρωμάτορας και ανιχνευτής. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται το όργανο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα διπλωματική εργασία (φασματοφωτόμετρο VARIAN AA240FS).



Εικόνα 11-1 Φασματοφωτόμετρο της εταιρείας VARIAN

Ως πηγή ακτινοβολίας (primary light source) λαμβάνονται καθοδικές λυχνίες. Όταν η ακτινοβολία διέρχεται από την περιοχή του δείγματος (sample beam) απορροφάται από το ατομοποιημένο πλέον δείγμα. Ο μονοχρωμάτορας σκεδιάζει τα μήκη κύματος και επιτρέπει τη διόδο μόνο της επιθυμητής ακτινοβολίας.

Πριν τον ανιχνευτή υπάρχει διπλό πρίσμα (dual blazed grating) για ενίσχυση και καθαρισμό του σήματος σε όλο το φάσμα του υπεριώδους με άριστη απόδοση. Η γωνία του πρίσματος καθορίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα του υπολογιστή καθώς επίσης και το άνοιγμα των παραθύρων του μονοχρωμάτορα, εφόσον οριστεί το μήκος κύματος στο οποίο γίνεται η μέτρηση. Τελικά η ακτινοβολία οδηγείται στον ανιχνευτή. Ο φωτοπολλαπλασιαστής παράγει ένα ηλεκτρικό σήμα ανάλογο της έντασης αυτής [30].

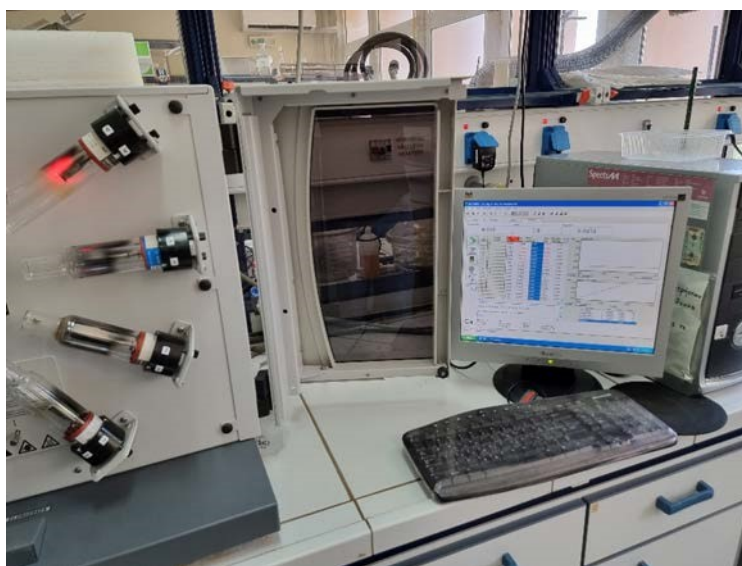
11.2. Προσδιορισμοί Καλίου, Νατρίου, Ασβεστίου, Μαγνησίου, Ψευδάργυρου (K, Na, Ca, Mg, Zn)

Προετοιμασία δειγμάτων

Αρχικά, λαμβάνουμε μέρος του δείγματος προς ανάλυση, περίπου 200 ml και προσθέτουμε 6 ml πυκνού νιτρικού οξέος (χρησιμοποιήθηκε πυκνό νιτρικό οξύ της εταιρίας Fluka). Ο σκοπός είναι να διεγείρουμε τα άτομα προς ανάλυση και να αποτρέψουμε την δημιουργία ιζήματος.

Προετοιμασία οργάνου

- Ανοίγουμε τα αέρια (ακετυλένιο και αργό)
- ελέγχουμε και τοποθετούμε τους κατάλληλους λαμπτήρες (εικόνα 12.1.2)
- ανάβουμε την φλόγα και
- ανοίγουμε το πρόγραμμα στον υπολογιστή.



Εικόνα 11-2 Ενεργοποίηση επιλεγμένου λαμπτήρα



Εικόνα 11-3 Ενεργοποίηση φλόγας

Βαθμονόμηση του οργάνου/καμπύλες αναφοράς

Για την βαθμονόμηση του οργάνου (που απαιτείται κατά την ημέρα της μέτρησης) χρησιμοποιείται πυκνό διάλυμα του αντίστοιχου στοιχείου προς ανάλυση, και γίνονται οι κατάλληλες αραιώσεις, με σκοπό να δημιουργήσουμε τρία διαλύματα συγκέντρωσης 0,5, 1 και 2 ppm αντίστοιχα. Επίσης χρησιμοποιείται τυφλό (blank) διάλυμα, συγκέντρωσης 0 ppm, ως προς τα στοιχεία που θα αναλυθούν. Τοποθετούνται με αύξουσα σειρά (ως προς τη συγκέντρωση) τα πρότυπα διαλύματα, για να δημιουργηθούν οι καμπύλες αναφοράς. Το πολυστοιχειακό πυκνό διάλυμα που χρησιμοποιήθηκε για τον σκοπό των βαθμονομήσεων ήταν της εταιρίας Merck.

Απαιτείται γραμμική σχέση μεταξύ της απορρόφησης και της συγκέντρωσης, ώστε οι μετρήσεις να έχουν μεγαλύτερη ακρίβεια. Σε περίπτωση που αναμένονται μεγάλες συγκεντρώσεις, γίνονται κατάλληλες αραιώσεις με τυφλό διάλυμα. Αφού ολοκληρωθεί η βαθμονόμηση του οργάνου, τα προς ανάλυση δείγματα αναλύονται διαδοχικά και οι συγκεντρώσεις των στοιχείων καταγράφονται αυτόματα από το πρόγραμμα.

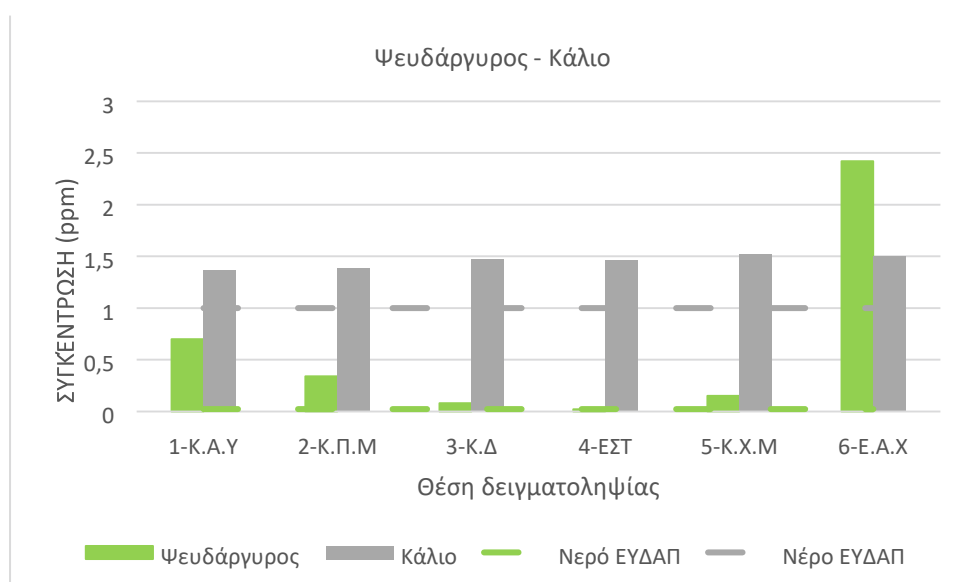
11.3. Αποτελέσματα- Σχολιασμός

Τα αποτελέσματα για τα στοιχεία που αναλύθηκαν σε δειγματοληψίες νερών (Κ, Na, Ca, Mg, Zn) παρουσιάζονται στον παρακάτω Πίνακα.

Πίνακας 11-1 Ποσοτικός προσδιορισμός Κ, Na, Ca , Mg, Zn

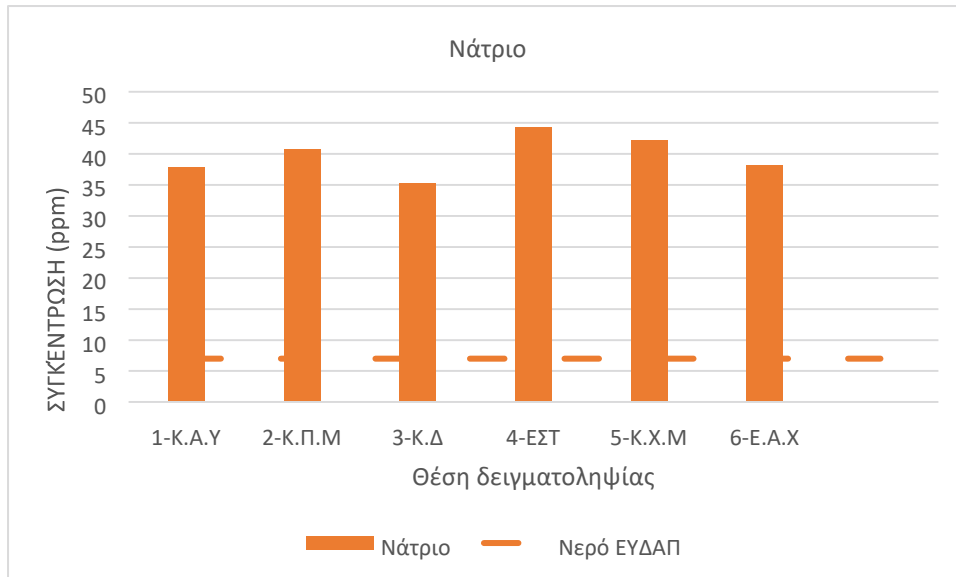
ΘΕΣΗ	ΚΑΛΙΟ (ppm)	ΝΑΤΡΙΟ (ppm)	ΑΣΒΕΣΤΙΟ (ppm)	ΜΑΓΝΗΣΙΟ (ppm)	ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ (ppm)
1-Κ.Α.Υ.	1,4	37,9	119,3	29,0	0,7
2-Κ.Π.Μ.	1,4	40,8	106,0	27,5	0,3
3-Κ.Δ.	1,5	35,2	116,7	28,0	0,1
4-ΕΣΤ	1,5	44,3	115,8	28,5	0,0
5-Κ.Χ.Μ.	1,5	42,2	109,9	27,9	0,2
6-Ε.Α.Χ.	1,5	38,2	118,4	28,3	2,4

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αντίστοιχα διαγράμματα 12-1 και 12-2 για όλα τα μέταλλα που αναλύθηκαν με φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης.

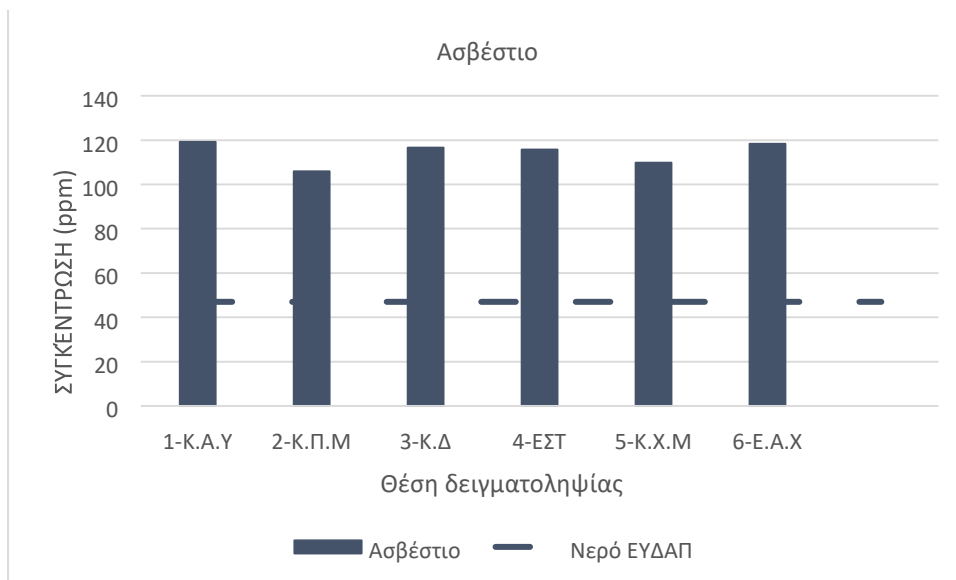


Διάγραμμα 11-1 Ποσοτικός προσδιορισμός Καλίου- Ψευδάργυρου

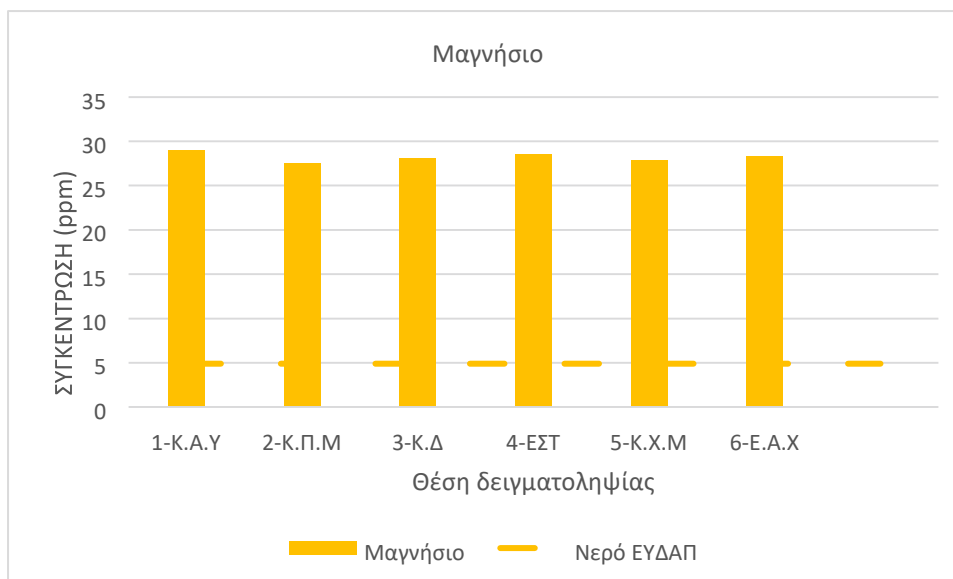
(Οι διακεκομμένες αντικατοπτρίζουν τις τιμές της ΕΥΔΑΠ) (πράσινη-ψευδάργυρος, γκρι-κάλιο)



Διάγραμμα 11-2 Ποσοτικός προσδιορισμός Νατρίου
(Η διακεκομμένη αντικατοπτρίζει την τιμή της ΕΥΔΑΠ)



Διάγραμμα 11-3 Ποσοτικός προσδιορισμός Ασβεστίου
(Η διακεκομμένη αντικατοπτρίζει την τιμή της ΕΥΔΑΠ)



Διάγραμμα 11-4 Ποσοτικός προσδιορισμός Μαγνησίου

(Η διακεκομμένη αντικατοπτρίζει την τιμή της ΕΥΔΑΠ)

Οι συγκεντρώσεις των στοιχείων που προσδιορίστηκαν δείχνουν ότι τα δείγματα νερού παρουσιάζουν αυξημένες τιμές σε σχέση με το νερό της ΕΥΔΑΠ. Επιπλέον από τις μετρήσεις για το ασβέστιο και το μαγνήσιο έγινε υπολογισμός της ολικής σκληρότητας. Οι συγκεντρώσεις αυτές εκφράζονται ως ανθρακικό ασβέστιο. Οι μοριακές μάζες του CaCO_3 , Ca και Mg είναι αντίστοιχα 100,1 g/mol, 40,1g/mol και 24,3 g/mol.

$$M_{\text{CaCO}_3} / M_{\text{Ca}} = 2,5 \quad M_{\text{CaCO}_3} / M_{\text{Mg}} = 4,1$$

$$[\text{CaCO}_3] = 2,5 \cdot [\text{Ca}^{+2}] + 4,1 \cdot [\text{Mg}^{+2}]$$

Η σύγκριση φαίνεται στον συγκεντρωτικό πίνακα του επομένου κεφαλαίου.

Ως προ την σύγκριση με το νερό της ΕΥΔΑΠ:

Οι συγκεντρώση του ασβεστίου και του μαγνησίου βρέθηκαν 3 και 5 φορές αυξημένες αντίστοιχα.

Η συγκέντρωση του καλίου είναι 50% αυξημένη σε όλα τα δείγματα.

Η συγκέντρωση του νατρίου είναι -5πλάσια, χωρίς να υπερβαίνει το ανώτατο επιτρεπτό όριο.

12. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα-Συμπεράσματα

Στους πίνακες που ακολουθούν παρακάτω φαίνονται τα συγκεντρωτικά αποτελέσματα για όλα τα δείγματα καθώς και :

- Αντίστοιχα αποτελέσματα από προγενέστερη μελέτη (2007).
- Αντίστοιχα δημοσιευμένα αποτελέσματα για το νερό της ΕΥΔΑΠ έτους 2022.

Πίνακας 12-1 συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Παράμετρος	ΘΕΣΗ 1 ΣΕΜΦΕ ΚΤΗΡΙΟ ΑΝΤΟΧΗΣ ΥΛΙΚΩΝ		ΘΕΣΗ 2 ΝΕΟ ΚΤΗΡΙΟ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ		ΘΕΣΗ 3 ΚΤΗΡΙΟ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ		ΝΕΡΟ ΕΥΔΑΠ 2022	ΟΡΙΟ ΕΥΔΑΠ ΚΥΑ Γ1(δ)/ΓΠ οικ.67322/2017
	Νέα	Παλαιά	Νέα	Παλαιά	Νέα	Παλαιά		
Ασβέστιο (ppm)	119,3	-	106,0	-	116,7	-	47	Σημείωση
Μαγνήσιο (ppm)	29,0	-	27,5	-	28,0	-	4,9	Σημείωση
ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ (ppm)	0,70	0,35	0,34	0,36	0,08	0,46	0,023	Σημείωση
ΚΑΛΙΟ (ppm)	1,4	-	1,4	-	1,5	-	1,00	Σημείωση
ΝΑΤΡΙΟ(ppm)	37,9	-	40,8	-	35,2	-	7,0	200
ΝΙΤΡΙΚΑ (ppm)	8,5	21	8,6	22	8,2	25	0,9	50
ΝΙΤΡΩΔΗ (ppm)	0,003	<0,02	0,003	<0,02	0,004	<0,02	Μ.Α.	0,50
ΑΜΜΩΝΙΟ (ppm)	0,009	<0,2	0,053	<0,2	<0,010	<0,2	Μ.Α.	0,50
ΥΠΟΛ. ΧΛΩΡΙΟ (ppm)	0,037	0,40	0,028	0,55	0,021	0,55	0,40	
ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (ppm)	376	370	374	389	387	389	-	Σημείωση
ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ)	417	-	378	-	407	-	139	
ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ (ppm)	56,8	61	57,86	61	58,5	63	9,7	250
ΑΓΩΓΙΜΩΤΗΤΑ (μS/cm, 25 °C)	875	839	864	831	857	846	304	2764, 25 °C (2500, 20 °C)
pH	7,7	7,2	7,7	7,3	7,6	7,2	7,8	6,5-9,5

Πίνακας 12-2 συγκεντρωτικά αποτελέσματα

Παράμετρος	ΘΕΣΗ 4 ΕΣΤΙΑΤΟΡΙΟ		ΘΕΣΗ 5 ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ		ΘΕΣΗ 6 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΝΕΑ ΚΤΗΡΙΑ		ΝΕΡΟ ΕΥΔΑΠ 2022	ΟΡΙΟ ΕΥΔΑΠ ΚΥΑ Γ1(δ)/ΓΠ οικ.67322/2017
	Νέα	Παλαιά	Νέα	Παλαιά	Νέα	Παλαιά		
Ασβέστιο (ppm)	115,8	-	109,9	-	118,4	-	47	Σημείωση
Μαγνήσιο (ppm)	28,5	-	27,8	-	28,3	-	4,9	Σημείωση
ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ (ppm)	0,02	0,22	0,15	0,58	2,42	2,29	0,023	Σημείωση
ΚΑΛΙΟ (ppm)	1,5	-	1,5	-	1,5	-	1,00	Σημείωση
ΝΑΤΡΙΟ(ppm)	44,3	-	42,2	-	38,2	-	7,0	200
ΝΙΤΡΙΚΑ (ppm)	7,6	27	8,1	26	10,3	26	0,9	50
ΝΙΤΡΩΔΗ (ppm)	0,003	<0,02	0,002	<0,02	0,001	<0,02	Μ.Α.	0,50
ΑΜΜΩΝΙΟ (ppm)	0,18	<0,2	0,12	<0,2	<0,01	<0,2	Μ.Α.	0,50
ΥΠΟΛ. ΧΛΩΡΙΟ (ppm)	0,02	0,55	0,05	0,50	0,04	0,30	0,40	
ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (ppm)	388	91	384	405	396	379	-	Σημείωση
ΟΛΙΚΗ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ)	406	-	389	-	412	-	139	
ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ (ppm)	57,6	58	58,7	61	58,7	63	9,7	250
ΑΓΩΓΙΜΩΤΗΤΑ (μS/cm, 25 °C)	848	872	832	847	839	853	304	2764, 25 °C (2500, 20 °C)
pH	7,6	7,4	7,5	7,3	7,6	7,3	7,8	6,5-9,5

Τα αποτελέσματα των δειγμάτων νερού που αναλύθηκαν, σε σύγκριση με τα αντίστοιχα προγενέστερης έρευνας, δεν εμφανίζουν σημαντικές διαφορές, εκτός από την συγκέντρωση του υπολειμματικού χλωρίου.

Ως προς τα αποτελέσματα ελέγχου ποιότητας πόσιμου νερού, που δημοσιεύθηκαν για το έτος 2022 στην ιστοσελίδα της ΕΥΔΑΠ παρατηρούνται σημαντικές διαφορές.

Συμπεράσματα

Συλλέχθηκαν 6 δείγματα νερού γεωτρήσεων από έξι διαφορετικές θέσεις (1 δείγμα ανά θέση) του δικτύου ύδρευσης της Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου κατά την περίοδο Μαΐου Ιουνίου 2023 . Τα δείγματα αναλύθηκαν ως προς 14 φυσικοχημικές παραμέτρους με πρότυπες μεθόδους και ενόργανη χημική ανάλυση. Μέρος των παραμέτρων αυτών εμφάνισε αποκλίσεις από τις τιμές μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε προηγούμενο χρόνο.

Όσον αφορά στις μεθόδους Ε.Χ.Α. που χρησιμοποιήθηκαν:

Η μέθοδος της τιτλοδοτικής πεχαμετρίας για τον προσδιορισμό της ολικής σκληρότητας των νερών που ακολουθήθηκε, είναι καινοτόμος σε σύγκριση με την κλασσική μέθοδο καθώς δεν χρησιμοποιείται δείκτης και ρυθμιστικό διάλυμα, πάρα μόνο ένα εκλεκτικό ηλεκτρόδιο υδρογονοκατιόντων (ηλεκτρόδιο pH). Η μέθοδος παρουσίασε καλή αναπαραγωγιμότητα μεταξύ της αρχικής και της επαναληπτικής μέτρησης και ως εκ τούτου θεωρείται ακριβής.

Η μέθοδος της τιτλοδότησης με ηλεκτρόδιο REDOX για τα χλωριόντα θεωρείται επίσης ακριβής.

Με την AAS προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις ασβεστίου και μαγνησίου και η επεξεργασία τους έδωσε τιμές ολική σκληρότητας(υπολογιστικά).

Όσον αφορά στα αποτελέσματα των ελέγχων:

Παρατηρείται μικρή απόκλιση της ολικής σκληρότητας (έως 10%) που υπολογίστηκε με την τιτλοδοτικής μέθοδο σε σύγκριση με την υπολογιστική τιμή της AAS. Γεγονός που οφείλεται πιθανώς στην έστω και ελάχιστη διαφοροποίηση των πρότυπων διαλυμάτων.

Δεν παρουσιάζονται σημαντικές διαφοροποιήσεις για τις παραμέτρους ολική σκληρότητα, χλωριόντα, pH, αγωγιμότητα, ολικά διαλελυμένα στερεά, ιόντα αμμωνίου, νιτρώδη και ψευδάργυρο, ενώ για τις παραμέτρους ασβέστιο, μαγνήσιο, κάλιο και νάτριο δεν υπάρχουν συγκριτικά δεδομένα μετρήσεων με αυτά που διενεργήθηκαν σε το 2007.

Διαφοροποιήσεις εντοπίζονται στις παραμέτρους υπολειμματικό χλώριο και νιτρικά για όλα τα δείγματα.

Όσον αφορά τα νιτρικά οι συγκεντρώσεις είναι μειωμένες κατά 50% από παλαιότερες μετρήσεις γεγονός που μπορεί να οφείλεται στην χρονική περίοδο της δειγματοληψίας.

Όσον αφορά τις αναλύσεις που διενήργησε η ΕΥΔΑΠ και δημοσιεύθηκαν για το έτος 2022 στην ιστοσελίδα της ΕΥΔΑΠ παρατηρούνται σημαντικές διαφορές:

- Η επεξεργασία των μετρήσεων έδειξε ότι όλα τα δείγματα είχαν τιμές ολικής σκληρότητας (mg/l CaCO_3) υπερδιπλάσιες του νερού της ΕΥΔΑΠ (142ppm). Όλα τα δείγματα χαρακτηρίζονται ως σκληρά νερά (από 320-420 mg/l CaCO_3)
- Οι συγκεντρώσεις των χλωριόντων είναι επίσης αυξημένες (σχεδόν 6 φορές) χωρίς όμως να υπερβαίνουν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια.
- Η συγκέντρωση καλίου βρέθηκε σε όλα τα δείγματα αυξημένη κατά 45-50% χωρίς όμως να υπερβαίνουν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια.
- Η συγκέντρωση του νατρίου βρέθηκε αυξημένη 5εως6 φορές αυξημένη για όλα τα δείγματα.
- Η συγκέντρωση υπολειμματικού χλωρίου των δειγμάτων νερού βρέθηκε χαμηλότερη από την ελάχιστη τιμή (0,1 mg/l), που είναι η ελάχιστη ανιχνεύσιμη ασφαλής συγκέντρωση. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε εξάτμιση λόγω υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλοντος (δειγματοληψία κατά θερινή περίοδο), σε μη επαρκή χλωρίωση ή/και σε υποβάθμιση της ποιότητας νερού από τη δεξαμενή χλωρίωσης έως το σημείο δειγματοληψίας.
- Αυξημένες συγκεντρώσεις βρέθηκαν επίσης στον περιεχόμενο ψευδάργυρο σχεδόν 10 φορές, ιδίως στο δείγμα 6, που μπορεί να οφείλονται σε διάβρωση των σωληνώσεων του δικτύου ή σε μειωμένη κινητικότητα του νερού (λόγω πχ μικρών καταναλώσεων).
- Τα ιόντα αμμωνίου και νιτρώδη άλατα βρέθηκαν εντός των αντίστοιχων ορίων του νερού της ΕΥΔΑΠ.
- Οι τιμές της αγωγιμότητας και των ολικά διαλελυμένων στερεών βρέθηκαν σχεδόν τριπλάσιες αλλά εντός των αντίστοιχων ορίων του νερού της ΕΥΔΑΠ.
- Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών βρέθηκαν αυξημένες 50 φορές αλλά εντός των επιτρεπόμενων ορίων.

13. ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Από τα ανωτέρω συμπεράσματα προκύπτει ότι:

1. Υπάρχει επιτακτική ανάγκη συστηματικών ελέγχων με σκοπό την παρακολούθηση της ποιότητας νερού. Προτείνεται οι έλεγχοι αυτοί να γίνονται σε εξαμηνιαία βάση.
2. Κρίνεται αναγκαίος ο έλεγχος ποιότητας νερού σε περισσότερα σημεία του δικτύου της Πολυτεχνειούπολης, με έμφαση στα σημεία που παρουσιάστηκαν οι μεγαλύτερες αποκλίσεις των τιμών, όπως η θέση 6 (υψηλές τιμές ψευδάργυρου).
3. Επιτάσσεται αύξηση των τις υδροληψιών μελλοντικά, μπορεί να προκύψει στατιστικός έλεγχος των μεταβολών λόγω αύξησης του δειγματοσυνόλου.
4. Προτείνεται δειγματοληπτικά επιπρόσθετος μικροβιολογικός έλεγχος.
5. Προτείνεται να υδροδοτείται το ΕΜΠ με δίκτυο νερού της ΕΥΔΑΠ, χρησιμοποιώντας το νερό των γεωτρήσεων ή και ανάμικτο νερό, για δευτερεύουσες εργασίες όπως άρδευση κλπ..

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/el/sheet/74/προστασια-και-διαχειριση-τωνυδατων>
2. Όξενκιουν Πετροπούλου Μ., Αναλύσεις Δειγμάτων Νερού Πολυτεχνειούπολης Ζωγράφου, Αθήνα, 2007
3. <https://repository.kallipos.gr/handle/11419/4683>
4. Gleick, P. H., 1996: Water resources. In Encyclopedia of Climate and Weather, ed. by S. H. Schneider, Oxford University Press, New York, vol. 2, pp.817-823.
5. <http://www.waterencyclopedia.com/Mi-Oc/Mineral-Resources-from-the-Ocean.html>
6. http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA_3.pdf
7. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A32020L2184>
8. Νικόλαος Κ. Ανδρικόπουλος, «ΤΡΟΦΟΓΝΩΣΙΑ, ΠΕΡΙΡΓΑΦΙΚΗ ΧΗΜΕΙΑ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ», ISBN 978-960-603-489-3,(2015)
9. <https://www.eydap.gr/TheCompany/Water/>
10. [http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/All/B3E67A5966224AC7C22581FD00410ED7/\\$file/4_Page_1_34.pdf?](http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/Wdd.nsf/All/B3E67A5966224AC7C22581FD00410ED7/$file/4_Page_1_34.pdf?)
11. Τεχνική υπηρεσία ΕΜΠ, Πανεπιστημιακές Εγκαταστάσεις ΕΜΠ, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα, 1998
12. <https://www.ntua.gr/el/news/announcements/item/2159-synergasia-evdap-kai-empgia-tin-ydrodotisi-tis-polytexneioypolis>
13. http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA_5.pdf
14. <https://ypen.gov.gr/perivallon/ydatikoi-poroi/odigia-plaisio-gia-ta-nera/>
15. Ν. 3199/2003 (ΦΕΚ 280/Α` 9.12.2003), <https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/n31992003-fek-280a-9122003>
16. Π.Δ. 51/2007 (ΦΕΚ 54/Α` 8.3.2007), <https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/pd-512007-fek-54a-832007>
17. Υ.Α. Γ1(δ)/ ΓΠ οικ.67322/2017 (ΦΕΚ 3282/Β` 19.9.2017), <https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/ya-g1d-gp-oik673222017-fek-3282b1992017>

18. Απόφαση οικ.135275/2017 - ΦΕΚ 1751/Β/22-5-2017,
<https://www.enomothesia.gr/kat-agrotike-anaptukse/apophase-oik-135275-2017-fek-1751b-22-52017.html>
19. ΑΠΟΦΑΣΗ Αριθμ.ΥΠΕΝ/ΔΠΔΥΠ/107168/1444,
https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2023-06/5384β_2021.pdf
20. Εγκ. Αριθ. πρωτ. Δ1(δ)/Γ.Π.οικ16518/2018 (ΦΕΚ /-- 27.2.2018),
<https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/egk-arith-prot-d1dgpok165182018-fek2722018>
21. Υ.Α. Γ1(δ)/ ΓΠ οικ.67322/2017 (ΦΕΚ 3282/Β` 19.9.2017),
<https://www.elinyae.gr/ethniki-nomothesia/ya-g1d-gp-oik673222017-fek-3282b1992017>
22. ΟΔΗΓΙΑ 2006/118/ΕΚ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ,
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006L0118&from=EN>
23. Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies. 1st Edition - November 29, 2001. Author: Nicholas P Cheremisinoff. eBook ISBN: 9780080523842.
24. APHA (1998) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Edition, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, Washington DC.
25. Οδηγός Εργαστηριακών Ασκήσεων Κλασικής Χημικής Ανάλυσης και Φυσικών Μεθόδων Ανάλυσης για την Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών ΕΜΠ, Επιμέλεια Έκδοσης: Ν. Τζαμτζής – Πιλάλης, Αθήνα 2009
26. ΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ (Γ Μέρος)
27. Εγχειρίδιο αγωγιμόμετρου Mettler Toledo
28. Ζανάκη Κ., 1996, Έλεγχος ποιότητας νερού, Εκδόσεις "ΙΩΝ" ,Αθήνα. ISBN: 978960-405-501-2
29. Εγχειρίδιο pharo 3000 UV-VIS
30. Εγχειρίδιο varian 240fs AAS

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 7-1 Τιμές pH ανά δείγμα(Η διακεκομμένη αντικατοπτρίζει την τιμή της ΕΥΔΑΠ)	60
Διάγραμμα 7-2 Τιμές αγωγιμότητας ανά δείγμα	60
Διάγραμμα 7-3 Τιμές ολικών διαλελυμένων στερεών ανά δείγμα(Η διακεκομμένη αντικατοπτρίζει την τιμή της ΕΥΔΑΠ)	62
Διάγραμμα 8-1 Καμπύλη τιτλοδότησης για το δείγμα 1-Κ.Α.Υ.	66
Διάγραμμα 8-2 Καμπύλη τιτλοδότησης επαναληπτικής μέτρησης δείγματος 1-Κ.Α.Υ. ...	66
Διάγραμμα 8-3 2η παράγωγος της καμπύλη τιτλοδότησης για το δείγμα 1-Κ.Α.Υ	66
Διάγραμμα 8-4 2η παράγωγος της καμπύλη τιτλοδότησης επαναληπτικής μέτρησης για το δείγμα 1-Κ.Α.Υ.....	67
Διάγραμμα 8-5 τιμές χλωριόντων ανά δείγμα	68
Διάγραμμα 9-1 καμπύλη τιτλοδότησης για το δείγμα 1-Κ.Α.Υ.	72
Διάγραμμα 9-2 πρώτη παράγωγος της καμπύλης για το δείγμα 1-Κ.Α.Υ.	72
Διάγραμμα 9-3 τιμές ολικής σκληρότητας (Η διακεκομμένη αντικατοπτρίζει την τιμή της ΕΥΔΑΠ)	73
Διάγραμμα 11-1 Ποσοτικός προσδιορισμός Καλίου- Ψευδάργυρου (Οι διακεκομμένες αντικατοπτρίζουν τις τιμές της ΕΥΔΑΠ) (πράσινη-ψευδάργυρος γκρι-κάλιο)	89
Διάγραμμα 11-2 Ποσοτικός προσδιορισμός Νατρίου (Η διακεκομμένη αντικατοπτρίζει την τιμή της ΕΥΔΑΠ)	90
Διάγραμμα 11-3 Ποσοτικός προσδιορισμός Ασβεστίου(Η διακεκομμένη αντικατοπτρίζει την τιμή της ΕΥΔΑΠ)	90
Διάγραμμα 11-4 Ποσοτικός προσδιορισμός Μαγνησίου (Η διακεκομμένη αντικατοπτρίζει την τιμή της ΕΥΔΑΠ)	91

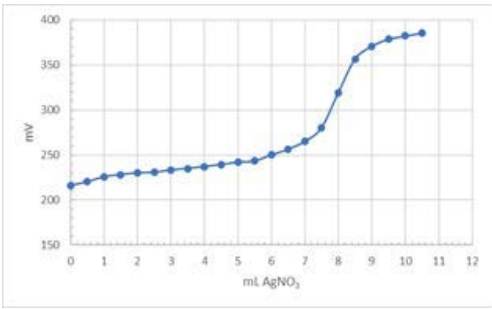
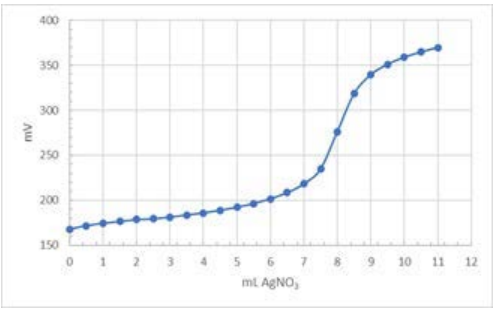
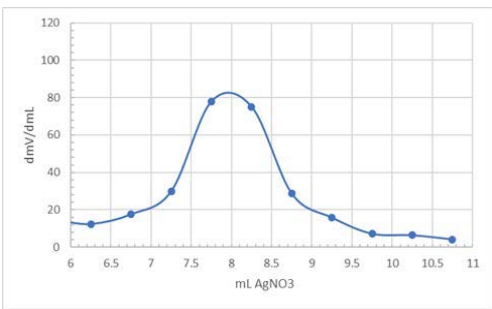
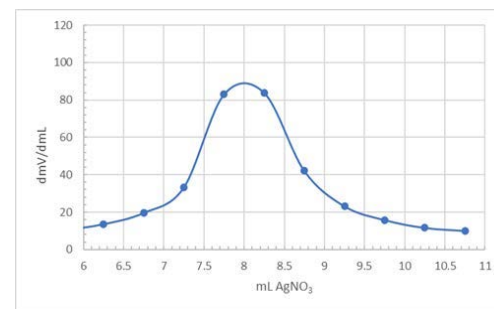
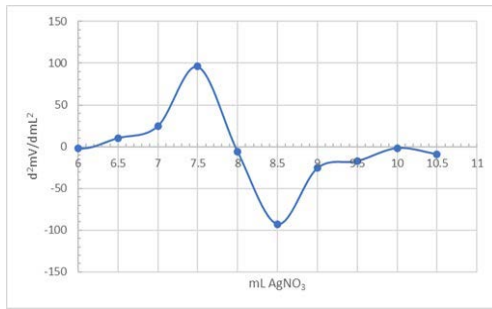
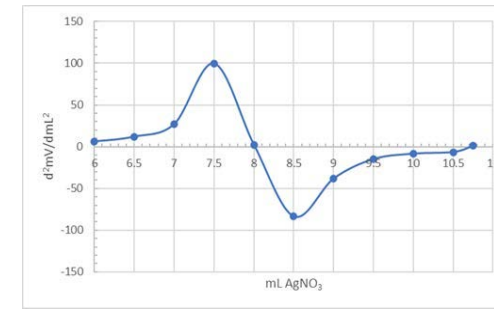
Πίνακας Εικόνων	7
Εικόνα 1-1 sp^3 υβριδισμός των τροχιακών του οξυγόνου.....	14
Εικόνα 1-2 Η διαμόρφωση του μορίου του νερού στο χώρο	14
Εικόνα 1-3 Μήκη δεσμών υδρογόνου και ομοιοπολικών δεσμών στο μόριο του νερού	15
Εικόνα 2-1 Μέση σύσταση των θαλάσσιων νερών.....	21
Εικόνα 2-2 Κύρια σύσταση του κατωτέρου στρώματος της ατμόσφαιρας	22
Εικόνα 2-3 Σύσταση νερού βροχής.....	23
Εικόνα 2-4 Μέση σύσταση ορισμένων πετρωμάτων	25
Εικόνα 5-1 Μεταπήδηση ηλεκτρονίων από μοριακά τροχιακά χαμηλής ενέργειας (σ , π και n) σε τροχιακά υψηλότερης ενέργειας(σ^* , π^*), μετά την απορρόφηση της προσπίπτουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.....	46
Εικόνα 5-2 Η συγκέντρωση ενός στοιχείου στο διάλυμά του μπορεί να προσδιορισθεί μετρώντας την απορροφητικότητά του σε συγκεκριμένο μήκος κύματος και εφαρμόζοντας το νόμο Lambert-Beer.....	46
Εικόνα 5-3 Διάγραμμα ροής φασματοφωτόμετρου UV-VIS διπλής δέσμης.....	47
Εικόνα 5-4 Διάγραμμα ροής φασματοφωτόμετρου AAS	49
Εικόνα 5-5 Διαμόρφωση κελιού προσδιορισμού χλωριόντων.....	52
Εικόνα 6-1 Σημεία δειγματοληψίας στην Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου	55
Εικόνα 7-1 Ηλεκτρόδιο H^+ Εικόνα 7-2 Buffer solution pH 7.....	56
Εικόνα 7-3 Αγωγιμόμετρο metter Toledo	57
Εικόνα 7-4 Πρότυπο διάλυμα ($1413\mu S/cm$)	58
Εικόνα 8-1 Σύστημα τιτλοδότη	62
Εικόνα 10-1 Εξαρτήματα και συσκευή UV VISIBLE.....	73
Εικόνα 10-2 Spectroquant Pharo 300.....	74
Εικόνα 10-3 Κυψελίδες δείγματος	74
Εικόνα 10-4 Υποδοχείς αντιδραστηρίων	74

Εικόνα 10-5 Αντιδραστήρια.....	76
Εικόνα 10-6 Αντιδραστήριο	78
Εικόνα 10-7 Αντιδραστήριο NO ₃ -1	79
Εικόνα 10-8 Αντιδραστήριο NO ₃ -2	80
Εικόνα 10-9 Αντιδραστήριο Cl ₂ -1	81
Εικόνα 11-1 Φασματοφωτόμετρο της εταιρείας VARIAN	83
Εικόνα 11-2 Ενεργοποίηση επιλεγμένου λαμπτήρα	84
Εικόνα 11-3 Ενεργοποίηση φλόγας	85

Πίνακας Πινάκων

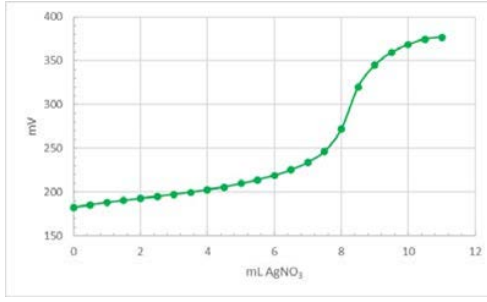
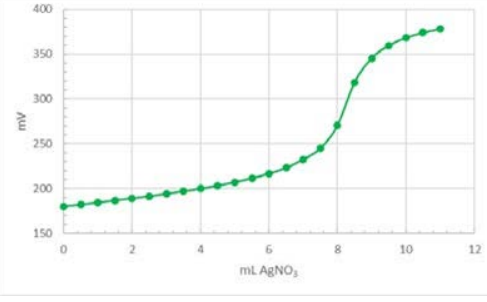
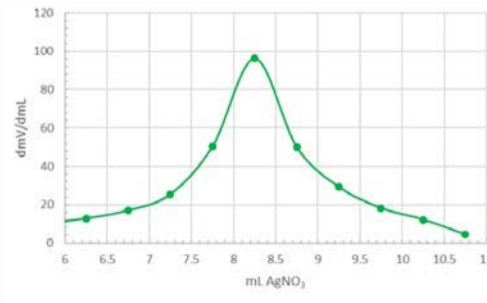
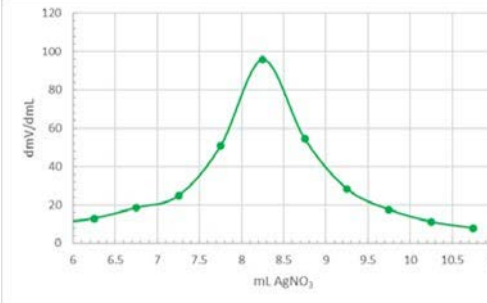
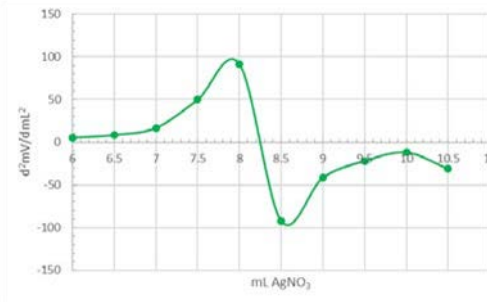
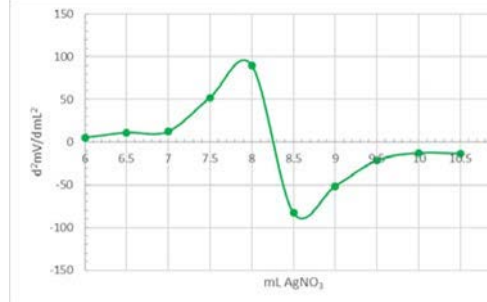
Πίνακας 2-1 Εκτίμηση της παγκόσμιας κατανομής νερού [4]	19
Πίνακας 4-1 Χημικές παράμετροι [22]	41
Πίνακας 7-1 Τιμές pH δειγμάτων	59
Πίνακας 7-2 Τιμές Αγωγιμότητας δειγμάτων	59
Πίνακας 8-1 Μετρήσεις με αυτόματο τιτλοδότη και ηλεκτρόδιο redox για το δείγμα 1 τιτλοδοτούμενου όγκου 50 ml.	65
Πίνακας 8-2 Συγκέντρωση χλωριόντων δειγμάτων	68
Πίνακας 9-1 μετρήσεις με αυτόματο τιτλοδότη και ηλεκτρόδιο pH για το δείγμα 1-Κ.Α.Υ τιτλοδοτούμενου όγκου 25ml	71
Πίνακας 9-2 ολική σκληρότητα δειγμάτων	73
Πίνακας 10-1 Προσδιορισμός ιόντων αμμωνίου	78
Πίνακας 10-2 Προσδιορισμός Νιτρωδών ιόντων	80
Πίνακας 10-3 Προσδιορισμός Νιτρικών ιόντων	83
Πίνακας 10-4 Προσδιορισμός υπολειμματικού χλωρίου	84
Πίνακας 11-1 Ποσοτικός προσδιορισμός K, Na, Ca , Mg, Zn	89
Πίνακας 12-1 συγκεντρωτικά αποτελέσματα	92
Πίνακας 12-2 συγκεντρωτικά αποτελέσματα	93

Παράρτημα Ι Μετρήσεις τιτλοδοτήσεων για προσδιορισμό Cl⁻

1		ΔΕΙΓΜΑ 1-Κ.Α.Υ.	
		Μέτρηση	Επαναληπτική μέτρηση
Κομπύλη τιτλοδοτήσης			
			
Δεύτερη παράγωγος			

		ΔΕΙΓΜΑ 2-Κ.Π.Μ.	
		Μέτρηση	Επαναληπτική μέτρηση
2			
Καμπύλη τιλοδότησης			
Πρώτη παράγωγος			
Δεύτερη παράγωγος			

		ΔΕΙΓΜΑ 3-Κ.Δ.	
		Μέτρηση	Επαναληπτική μέτρηση
3			
Καμπύλη τιτλοδότησης			
Πρώτη παράγωγος			
Δεύτερη παράγωγος			

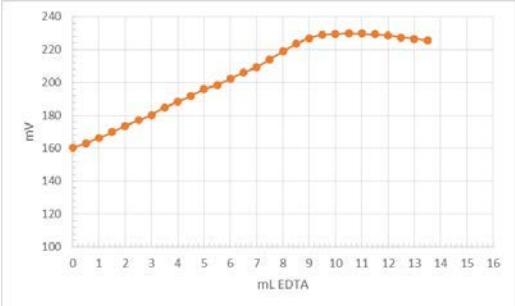
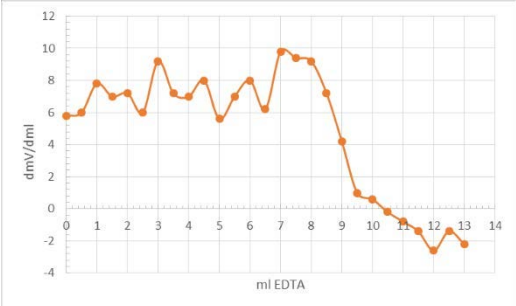
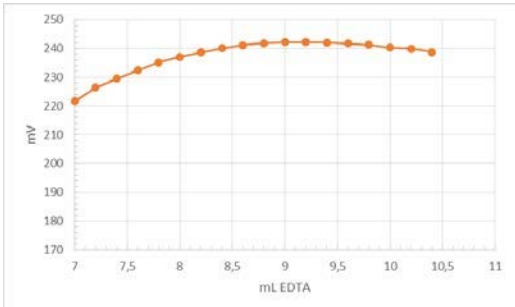
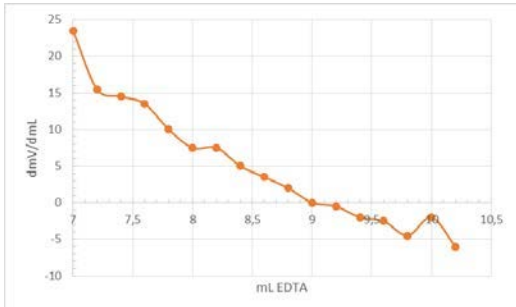
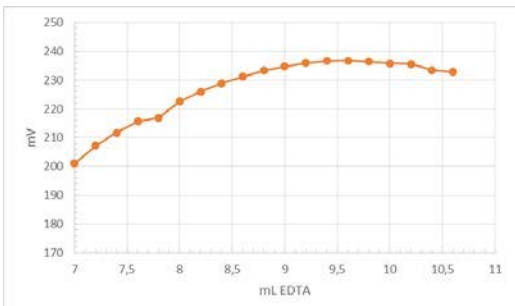
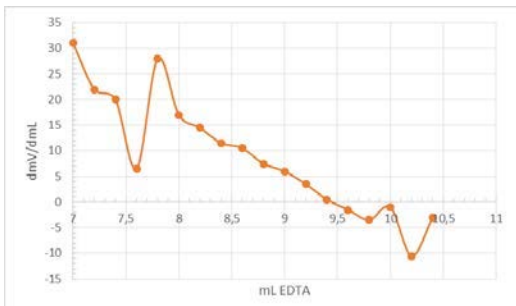
4	ΔΕΙΓΜΑ 4-ΕΣΤ	
	Μέτρηση	Επαναληπτική μέτρηση
Καμπύλη τιτλοδότησης		
Πρώτη παράγωγος		
Δεύτερη παράγωγος		

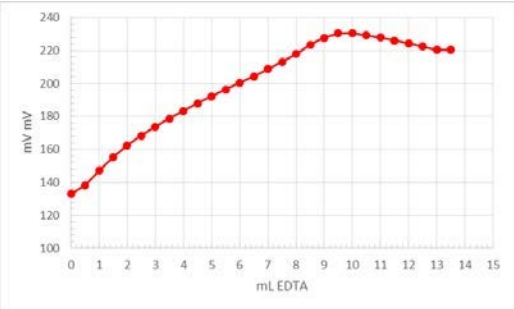
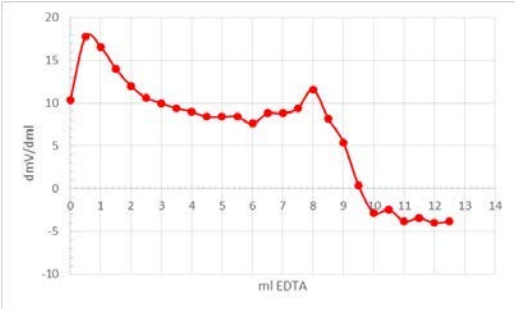
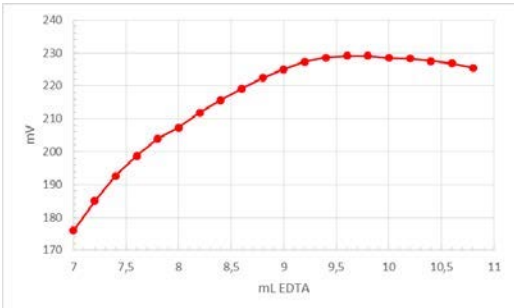
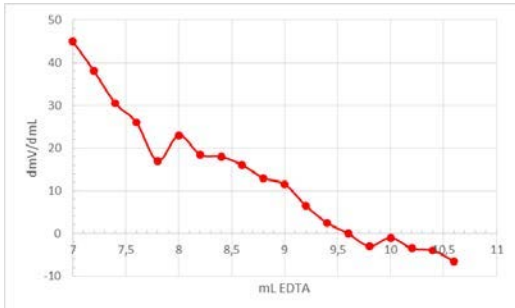
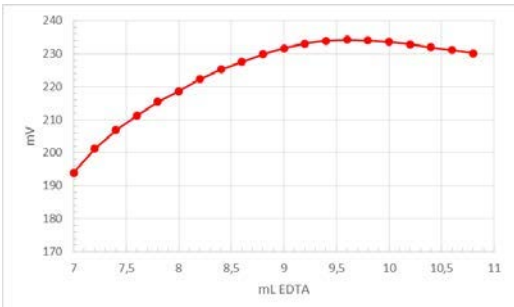
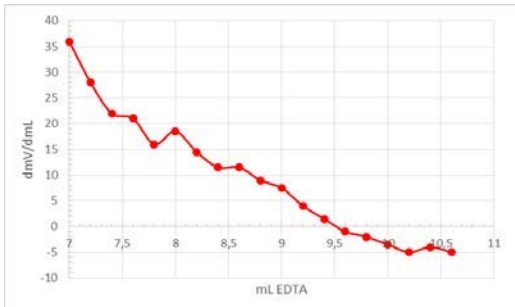
		ΔΕΙΓΜΑ 5-Κ.Χ.Μ.	
		Μέτρηση	Επαναληπτική μέτρηση
5	Καμπύλη τιτλοδότησης		
	Πρώτη παράγωγος		
	Δεύτερη παράγωγος		

		ΔΕΙΓΜΑ 6-Ε.Α.Χ.	
		Μέτρηση	Επαναληπτική μέτρηση
6			
Καμπύλη τιτλοδότησης			
Πρώτη παράγωγος			
Δεύτερη παράγωγος			

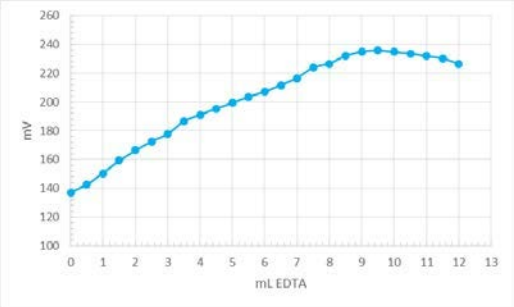
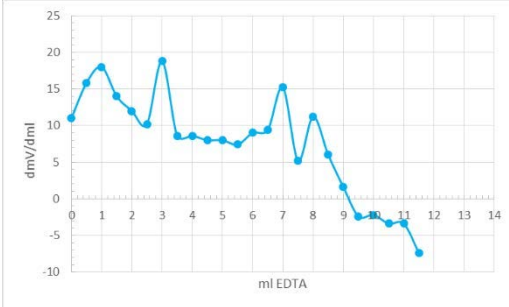
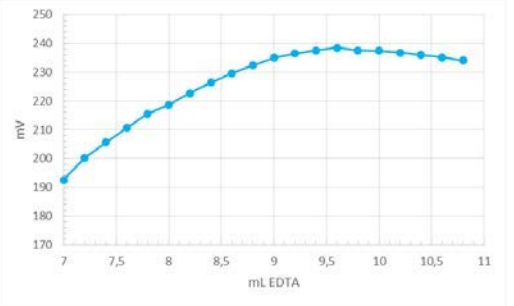
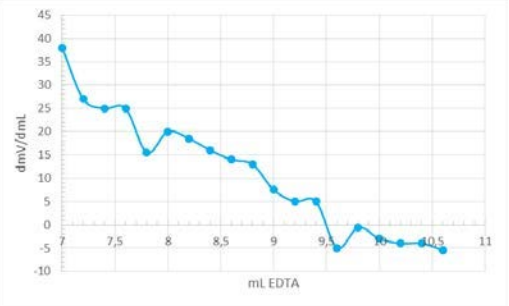
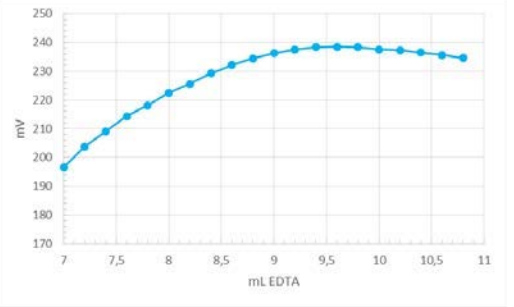
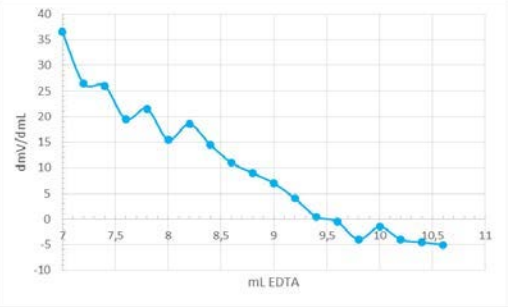
Παράρτημα II Πρωτογενείς μετρήσεις τιτλοδοτήσεων για τον προσδιορισμό της ολικής σκληρότητας νερών.

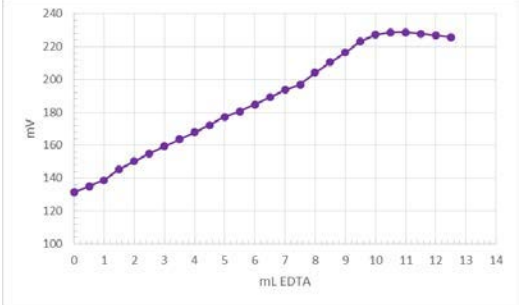
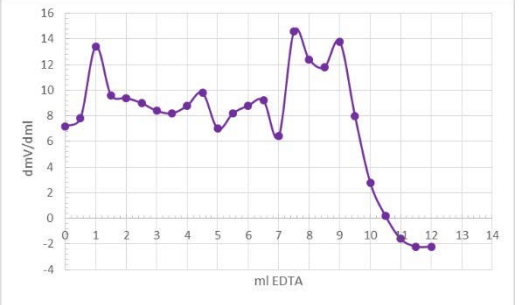
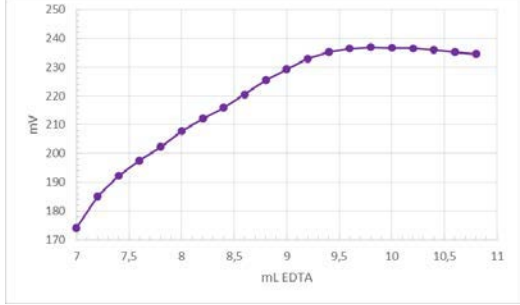
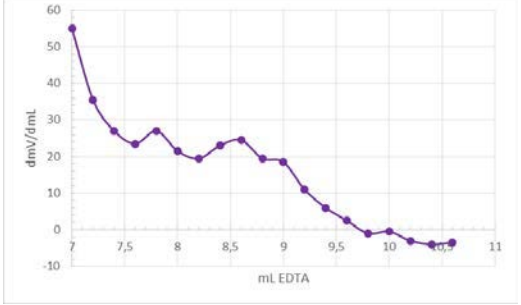
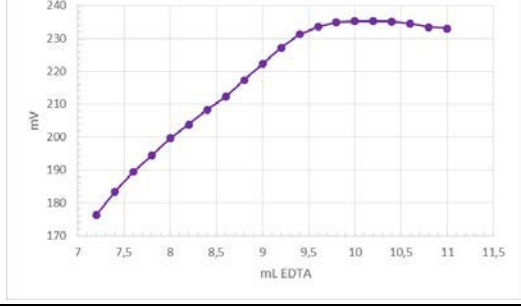
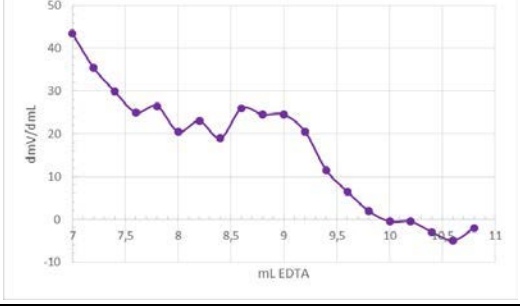
1	ΔΕΙΓΜΑ 1-Κ.Α.Υ.	
	Καμπύλη τιτλοδοτήσης	Πρώτη παράγωγος
Προσέγγιση (βήμα 0,5 ml)		
Μέτρηση (βήμα 0,2 ml)		
Επανάληψη (βήμα 0,2 ml)		

2	ΔΕΙΓΜΑ 2-Κ.Π.Μ.	
	Καμπύλη τιτλοδότησης	Πρώτη παράγωγος
<p>Προσέγγιση (βήμα 0,5 ml)</p>		
<p>Μέτρηση (βήμα 0,2 ml)</p>		
<p>Επανάληψη (βήμα 0,2 ml)</p>		

3	ΔΕΙΓΜΑ 3-Κ.Δ.	
	Καμπύλη τιτλοδότησης	Πρώτη παράγωγος
<p>Προσέγγιση (βήμα 0,5 ml)</p>		
<p>Μέτρηση (βήμα 0,2 ml)</p>		
<p>Επανάληψη (βήμα 0,2 ml)</p>		

4	ΔΕΙΓΜΑ 4-ΕΣΤ	
	Καμπύλη τιτλοδότησης	Πρώτη παράγωγος
Προσέγγιση (βήμα 0,5 ml)		
Μέτρηση (βήμα 0,2 ml)		
Επανάληψη (βήμα 0,2 ml)		

5	ΔΕΙΓΜΑ 5-Κ.Χ.Μ.	
	Καμπύλη τιτλοδότησης	Πρώτη παράγωγος
Προσέγγιση (βήμα 0,5 ml)		
Μέτρηση (βήμα 0,2 ml)		
Επανάληψη (βήμα 0,2 ml)		

6	ΔΕΙΓΜΑ 6-Ε.Α.Χ.	
	Καμπύλη τιτλοδότησης	Πρώτη παράγωγος
<p>Προσέγγιση (βήμα 0,5 ml)</p>		
<p>Μέτρηση (βήμα 0,2 ml)</p>		
<p>Επανάληψη (βήμα 0,2 ml)</p>		

Ακρωνύμια

ΕΚ: Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο

ΕΥΔΑΠ: Εταιρεία Υδρεύσεως και Αποχετεύσεως Πρωτεύουσας

ΕΜΠ: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

UV-VIS: ultraviolet–visible spectroscopy AAS:

atomic absorption spectroscopy

TDS: total dissolved solids

PTFE: Polytetrafluoroethylene

Κ.Α.Υ.: Κτήριο Αντοχής Υλικών

Κ.Π.Μ.: Κτήριο Πολιτικών Μηχανικών

Κ.Δ.: Κτήριο Διοίκησης

ΕΣΤ.: Εστιατόριο

Κ.Χ.Μ.: Κυλικείο Χημικών Μηχανικών

Ε.Α.Χ.: Εργαστήριο Αναλυτικής Χημείας Νέα Κτήρια

EC: electrical conductivity

EDTA: Ethylenediaminetetraacetic acid

Ε.Χ.Α.: Ενόργανη Χημική Ανάλυση