



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ &
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΛΑΤΑΝΙΑ ΚΑΙ ΑΓ. ΜΑΡΙΝΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΛΟΥΡΙΔΑ ΕΛΕΝΗ
ΜΑΥΡΟΜΜΑΤΗ ΣΟΦΙΑ ΜΑΡΙΑ

Επιβλέπων
Καθηγητής Γιώργος Σταυρουλάκης

ΧΑΝΙΑ 2020



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ &
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

**Μελέτη του επιπέδου ρύπανσης στην θαλάσσια περιοχή
μεταξύ Πλατανιά και Αγ Μαρίνας**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΛΟΥΡΙΔΑ ΕΛΕΝΗ
ΣΟΦΙΑ ΜΑΡΙΑ ΜΑΥΡΟΜΜΑΤΗ

Επιβλέπων : Καθηγητής Σταυρουλάκης Γιώργος

Επιτροπή:
Αξιολόγησης

Ημερομηνία παρουσίασης

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας : 82

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα καθηγητή μας Σταυρουλάκη Γεώργιο για την σημαντική του καθοδήγησή κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας πτυχιακής, το χρόνο που αφιέρωσε και κυρίως για τις γνώσεις που μοιράστηκε μαζί μας.

Πολύτιμοι βοηθοί στην υλοποίηση αυτής της μελέτης υπήρξαν οι συμφοιτητές μας Βασίλης Ρέππας, Ευαγγελία Βεατρίκη Σακελλαράκη και Ελευθερία Μπλαζάκη, η συμβολή των οποίων ήταν καθοριστική κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών και των εργαστηριακών αναλύσεων.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στις οικογένειες μας, που μας στήριξαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
2 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.....	9
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	9
Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	10
ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΩΝ.....	11
➤ ΡΥΠΑΝΣΗ.....	12
➤ ΜΟΛΥΝΣΗ.....	14
ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ.....	15
➤ ΝΙΤΡΟΥΡΥΠΑΝΣΗ.....	16
ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ.....	16
➤ ΓΑΣΤΡΕΝΤΕΡΙΤΙΔΕΣ.....	18
➤ ΔΕΡΜΑΤΙΤΙΔΕΣ.....	19
ΓΑΛΑΖΙΑ ΣΗΜΑΙΑ.....	20
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.....	23
ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	23
ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ.....	24
➤ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΟΝ ΝΟΜΟ ΧΑΝΙΩΝ.....	26
Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΠΟΥ ΔΙΕΠΕΙ ΤΟΥΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ.....	27
3 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	30
ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	30
➤ ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ.....	30
ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ.....	31
➤ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	31
➤ TDS-ΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ.....	32
➤ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ.....	32
➤ pH- ΕΝΕΡΓΟΣ ΟΞΥΤΗΤΑ.....	33
➤ BOD-ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ.....	35
➤ DO-ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ.....	37
ΑΛΚΑΛΙΜΕΤΑΛΛΑ.....	38
ΚΑΛΙΟ.....	39
ΑΣΒΕΣΤΙΟ.....	39

ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΑΛΑΤΑ	40
➤ ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ	40
➤ ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ ΙΟΝΤΑ.....	41
➤ ΝΙΤΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ	41
ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ	42
➤ ΟΛΙΚΑ ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΑ (TOTAL COLIFORMS).....	42
➤ E-COLI.....	43
➤ ΘΕΡΜΟΑΝΘΕΚΤΙΚΑ (FECAL COLIFORMS).....	43
➤ ΕΝΤΕΡΟΚΟΚΚΟΣ.....	43
ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	43
➤ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	43
➤ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	45
➤ ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ	46
➤ ΘΕΙΙΚΑ ΙΟΝΤΑ.....	47
4 ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΛΑΤΑΝΙΑ – ΑΓ. ΜΑΡΙΝΑ ΧΑΝΙΩΝ.....	48
ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	48
➤ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	48
➤ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	49
➤ ΔΙΑΧΕΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ.....	49
➤ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ.....	50
ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ	51
➤ ΑΚΤΗ ΠΛΑΤΑΝΙΑ.....	53
➤ ΑΚΤΗ ΑΓΙΑΣ ΜΑΡΙΝΑΣ.....	54
➤ ΑΚΤΗ ΑΓΙΩΝ ΑΠΟΣΤΟΛΩΝ	55
➤ ΛΙΜΕΝΑΣ ΠΛΑΤΑΝΙΑ	57
➤ ΑΓΩΓΟΣ.....	58
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	58
➤ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ	58
➤ ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ	59
➤ BOD	59
➤ pH, ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ, ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ, TDS, DO	60
➤ ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΑΛΑΤΩΝ.....	60
• ΝΙΤΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ	61

•	ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ ΙΟΝΤΑ.....	61
•	ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ- ΟΡΘΟΦΩΣΦΟΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ	61
•	ΘΕΙΚΑ ΙΟΝΤΑ.....	61
➤	ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	61
➤	ΙΟΝΤΑ ΧΛΩΡΙΟΥ	62
➤	ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ	63
•	ΚΟΠΡΑΝΩΔΗ ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΟΕΙΔΗ.....	63
•	ESCHERICHIA COLI	64
•	ΕΝΤΕΡΟΚΟΚΚΟΣ.....	64
➤	ΦΛΩΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ-ΚΑΛΙΟ, ΝΑΤΡΙΟ, ΑΣΒΕΣΤΙΟ.....	64
	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	65
➤	ΛΙΜΕΝΑΣ ΠΛΑΤΑΝΙΑ	65
➤	ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΛΙΜΕΝΑ ΠΛΑΤΑΝΙΑ	80
➤	ΑΚΤΕΣ.....	85
➤	ΑΓΩΓΟΣ.....	88
	ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	93
	ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ.....	95

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σκοπό να αναδείξει την κατάσταση της ποιότητας των παράκτιων υδάτων σε σημεία των Δήμων Πλατανιά και Χανίων κατά την περίοδο 3/2015-1/2016, λαμβάνοντας υπόψη την έντονη τουριστική ανάπτυξη που υπάρχει τα τελευταία χρόνια αλλά και κάθε ανθρωπογενή παράγοντα που δύναται να υποβαθμίζει την ποιότητα αυτών. Τα δείγματα λήφθηκαν από τον λιμενίσκο του Πλατανιά όπου αγκυροβολούν δεκάδες ψαροκάικα και πλοιάρια που εκτελούν κρουαζιέρες στα αξιοθέατα του νομού, ενώ πίσω από αυτόν προς την ενδοχώρα εκτείνονται αμέτρητα ξενοδοχεία και επισιτιστικές επιχειρήσεις. Ακόμη δείγματα λήφθηκαν από παραλίες του δήμου Χανίων και Πλατανιά κατά την καλοκαιρινή περίοδο/2015 όπου υπάρχει και η μεγαλύτερη κίνηση τουριστών. Τέλος κατά την ίδια περίοδο έγινε δειγματοληψία και σε έναν σωλήνα-αγωγό ο οποίος εκβάλλει στην παραλία της Αγίας Μαρίνας, προκειμένου να εκτιμήσουμε την ποιότητα της απορροής που καταλήγει στη θάλασσα.

Κατά την ανάλυση των ποιοτικών παραμέτρων στο εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών και Εδαφικών Πόρων του τμήματος Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος στο ΤΕΙ Κρήτης, χρησιμοποιήσαμε πρότυπες μεθόδους προσδιορισμού των φυσικοχημικών παραμέτρων προκειμένου να προσδιοριστεί το ρυπαντικό και μικροβιολογικό φορτίο. Εν συντομία βρέθηκε ότι τα ύδατα στον λιμένα Πλατανιά είναι σε καλή κατάσταση με εξαίρεση κάποιες μετρήσεις οι οποίες παρουσίασαν αρκετές διακυμάνσεις και ξεπέρασαν τα όρια που ορίζει η ελληνική νομοθεσία για τα ύδατα κολύμβησης. Οι ακτές είχαν πολύ καλή εικόνα στο σύνολο των δειγματοληψιών, ενώ ο αγωγός παρουσίασε υψηλό οργανικό και μικροβιολογικό φορτίο.

Research on the level of water pollution in the area between Platanias and Ag. Marina

ABSTRACT

This thesis aims to highlight the condition of water quality in specific parts of Chania within a period of 10 months (3/2015-1/2016), taking into account the intense touristic development existing the last years, as well as the anthropogenic factor that may degrade the water quality. The samples were collected from the port of Platanias which hosts dozens of fishing and tourist boats, while behind the port towards the city there are numerous hotels and restaurants. Moreover, samples were collected from beaches of Chania and Platanias municipality during the summer season (6-7/2015) when the city is overcrowded by tourists. Last but not least, one more sample was collected from a pipeline that flows between umbrellas in Agia Marina beach in order to identify the water origin and quality.

During the sample analysis, we used standard methods to determine the physicochemical parameters in order to find the pollutant and microbiological load in the Laboratory of Water and Soil Quality Control in TEI of Crete.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανθρωπογενής επίδραση τόσο στο περιβάλλον γενικότερα, όσο και στους υδατικούς πόρους ειδικότερα, γίνεται ολοένα και μεγαλύτερη με το πέρασμα του χρόνου. Η συνήθεια του ανθρώπου να απορρίπτει ότι δεν χρειάζεται σε δρόμους, παραλίες και θάλασσες, καθώς και η έλλειψη οργανωμένων συστημάτων διαχείρισης αποβλήτων και λυμάτων, κυρίως σε επαρχιακές πόλεις της Ελλάδος, οδηγούν στην επιβάρυνση του μεγαλύτερου αγαθού που μας περιβάλλει. Την θάλασσα. Ακόμη, η γεωργία είναι ένας κλάδος που επιβαρύνει σημαντικά το νερό μιας και τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται είναι βαριά χημικά τα οποία μέσω των κατακρημνισμάτων θα βρουν το δρόμο τους προς τη θάλασσα, ή διαφορετικά μέσω του εδάφους θα καταλήξουν στον υδροφόρο ορίζοντα. Να αναφέρουμε ακόμη πως οι οικοδομικές εργασίες, τα πλυντήρια αυτοκινήτων, αλλά και οι βιομηχανίες δημιουργούν με τη σειρά τους μεγάλο αντίκτυπο στο θαλάσσιο περιβάλλον, ιδιαίτερα όταν βρίσκονται κοντά σε αυτό. Συμπερασματικά, είναι προφανές ότι η θάλασσα αποτελούσε ανέκαθεν φυσικό αποδέκτη των φερτών υλικών, των υγρών αποβλήτων και της ανθρώπινης δραστηριότητας.

Η ποιότητα του θαλασσινού νερού και η ισορροπία των αντίστοιχων οικοσυστημάτων έχει απασχολήσει ιδιαίτερα τους επιστήμονες ανά τον κόσμο, ενώ το ενδιαφέρον φαίνεται να παρουσιάζεται σε λιμάνια και κλειστούς κόλπους όπου τα νερά είναι περιορισμένης κινητικότητας και επομένως οι αραιώσεις ρυπαντικού φορτίου μικρές. Παρ' όλα αυτά και οι ακτές δεν μένουν εκτός έρευνας μιας και αποτελούν πόλο έλξης και δύναται να επηρεάσουν σημαντικότερα την υγεία του ανθρώπου.

Η εργασία αυτή χωρίζεται σε 4 κεφάλαια ως εξής:

- Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στη σημασία που έχει το νερό για τον άνθρωπο, τα χαρακτηριστικά του και τη λειτουργία του μέσα στο περιβάλλον. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα σημαντικότερα προβλήματα που έχουν εντοπιστεί σε υδάτινους αποδέκτες, αλλά και η νομοθεσία που διέπει τους υδατικούς πόρους.
- Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύονται σε θεωρητικό υπόβαθρο οι βασικές παράμετροι που καθορίζουν την ποιότητα του νερού και που προσδιορίστηκαν στην παρούσα μελέτη.
- Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται αναλυτικά η περιοχή μελέτης αναφορικά με το κλίμα, τη μορφολογία και τις χρήσεις γης που δύναται να επηρεάζουν την ποιότητα των υδάτων. Επίσης παρουσιάζονται τα σημεία από τα οποία έγιναν οι δειγματοληψίες καθώς και η ποιότητα των υδάτων της συγκεκριμένης περιοχής με βάσει προηγούμενες μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στα ίδια σημεία. Ακόμη, αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο έγιναν οι δειγματοληψίες καθώς και τα υλικά και οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση της κάθε παραμέτρου. Τέλος, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα της μελέτης

2 Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Η περισσότερη διαδεδομένη ανόργανη χημική ένωση στην επιφάνεια της γης, με εκτιμώμενο συνολικό όγκο $1.380.000.000\text{km}^3$ είναι το νερό. Καταλαμβάνει το 70.9% του πλανήτη αλλά και το 80% του ανθρώπινου, του ζωικού και του φυτικού οργανισμού. Από το σύνολο του γήινου νερού που υπάρχει πάνω στον πλανήτη το 97% είναι θαλασσινό νερό, το 1% γλυκό και το 2% είναι σε μορφή χιονιού ή πάγου⁽¹⁾ Βασικό συστατικό της ατμόσφαιρας, χωρίς το οποίο δεν θα μπορούσε να υφίσταται, αλλά και όλων των οργανισμών που έχουν βρεθεί και μελετηθεί μέχρι σήμερα μιας και έχει αποδειχτεί ότι ζωή χωρίς οξυγόνο μπορεί να υπάρξει, χωρίς νερό όμως όχι! Είναι πασιφανής η σημασία των υδάτων για την επιβίωση τόσο του πλανήτη όσο και των ζώντων οργανισμών.

Ανά τους αιώνες αποτέλεσε πηγή εξέλιξης των πολιτισμών, ανάπτυξης του εμπορίου, της οικονομίας και των επιστημών, ενώ συχνά αποτελεί πόλο έλξης των ανθρώπων για αναψυχή και ψυχαγωγία. Χρονολογείται περίπου 3 δισεκατομμύρια χρόνια, ενώ μέχρι και σήμερα υπάρχουν ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι που δεν έχει πρόσβαση σε ποιοτικά πόσιμο νερό.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

Αχρωμο, άοσμο, άγευστο και σε κανονικές συνθήκες (STP) 25°C και πίεση 1 atm το καθαρό νερό ισορροπεί σε μια κατάσταση υγρού (σε μεγαλύτερο ποσοστό) και αερίου. Θεωρείται ο «παγκόσμιος διαλύτης» αφού σε αυτό μπορούμε να διαλύσουμε όλες τις πολικές ουσίες, δεν ισχύει το ίδιο όμως και για τα φυσικά ή θαλασσινά νερά αφού διαφοροποιούνται αρκετά σε σύγκριση με το καθαρό νερό το οποίο είναι και σπάνιο εύρημα στη φύση. Αυτό γίνεται εύκολα αντιληπτό με τη βοήθεια της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, όπου το χημικά καθαρό νερό δεν επιτρέπει στο ρεύμα να περάσει, σε αντίθεση με το φυσικό νερό το οποίο είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού.

Περαιτέρω, αξίζει να αναφερθεί ότι είναι η μόνη ουσία στη φύση που μπορεί να βρίσκεται και στις τρεις φάσεις (υγρή, αέρια, στερεή) με φυσικό τρόπο, ενώ δε λείπουν και κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά όπως το ότι η πυκνότητα του πάγου είναι μικρότερη από αυτή του υγρού νερού, η μεγάλη θερμοχωρητικότητά του και το υψηλό σημείο βρασμού συγκριτικά με τη μοριακή του μάζα η οποία είναι μικρή. Ακόμη, οι ιδιότητες του νερού ποικίλουν και άλλοτε μπορεί να χαρακτηριστεί ως οξύ και άλλοτε ως βάση.⁽²⁾

Το θαλασσινό νερό καλύπτει τα 2/3 της επιφάνειας της Γης και περιλαμβάνει το σύνολο των αλμυρών τμημάτων της υδρόσφαιρας. Είναι μίξη μιας μεγάλης ποικιλίας χημικών στοιχείων τα οποία αποτελούν πηγή διατροφής για το μικροσκοπικό πλαγκτόν το οποίο με τη σειρά του τρέφει τα ζώα της θάλασσας. Συνεπώς είναι το μέσο το οποίο υποστηρίζει ολόκληρη την θαλάσσια ζωή.

Καθορίζεται κατά κύριο λόγο από τη συγκέντρωση των χλωριδίων και την αλμυρότητα, μιας και το κυριότερο βασικότερο στοιχείο της είναι το χλώριο που βρίσκεται διαλυμένο σ' αυτήν με τη μορφή του ανιόντος Cl^- . Άλλα επιμέρους στοιχεία είναι το νάτριο Na^+ , το μαγνήσιο Mg^{2+} και το θείο με τη μορφή θεικών ιόντων SO_4 .⁽³⁾ Γενικά στη θάλασσα εντοπίζεται το πλήρες χημικό πακέτο που απαιτείται για την ανάπτυξη της ζωής όπως είναι το μαγνήσιο, το ασβέστιο και τα

οξέα, ανθρακικό και πυριτικό, τα οποία είναι σημαντικά συστατικά των σκελετικών μερών των θαλάσσιων οργανισμών. Ένα άλλο πολύ σημαντικό στοιχείο στο θαλασσινό νερό είναι το διαλυμένο οξυγόνο όπου η συγκέντρωσή του κυμαίνεται από 0 μέχρι 9 mg/L και το μεγαλύτερο ποσοστό του βρίσκεται στην επιφάνειά της θάλασσας, ενώ προς το βάθος η συγκέντρωση του μειώνεται σημαντικά και μπορεί να πλησιάσει το μηδέν λόγω της εντατικής δράσης των βακτηριδίων που το καταναλώνουν. Άλλη χημική παράμετρος είναι το pH που κυμαίνεται στην περιοχή 7,5-8,4 και η σταθερότητα της τιμής του οφείλεται στην παρουσία των ανθρακικών ιόντων.⁽⁴⁾

Οι φυσικές ιδιότητές του νερού δεν είναι σταθερές και μεταβάλλονται συναρτήσει πολλών παραγόντων και κυρίως γεωγραφικά. Η πυκνότητα του θαλασσινού νερού για παράδειγμα κυμαίνεται μεταξύ 1,020 έως 1,040g/ml και εξαρτάται από τη θερμοκρασία του νερού αλλά και από την αλατότητα του. Ακόμη, η πυκνότητα του καθαρού νερού διαφέρει αρκετά από αυτήν του θαλασσινού με τιμή 1,000g/ml. ⁽⁵⁾ Σε ψυχρά κλίματα η θερμοκρασία του νερού αναμένεται να είναι χαμηλότερη άρα η πυκνότητα αυξάνεται, η αλατότητα όμως είναι μεγαλύτερη λόγω μικρότερου ποσοστού εξάτμισης οπότε η πυκνότητα αυξάνεται και πάλι. Συμπερασματικά εκτιμάται ότι σε ψυχρότερα κλίματα η πυκνότητα του θαλασσινού νερού είναι μεγαλύτερη σε σχέση με μια περιοχή με θερμό κλίμα αν και αυτό δεν είναι πάντα απαραίτητο. Συνήθως η διαφορά αυτή της πυκνότητας συναντάται σε περιοχές κοντά στον ισημερινό όπου τα επιφανειακά νερά έχουν αρκετά μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας σχετικά με τα κατώτερα στρώματα της θάλασσας.⁽⁵⁾

Τα χημικά στοιχεία που περιέχονται στο θαλασσινό νερό βρίσκονται επίσης (πέρα από ελεύθερα) και με την μορφή διάφορων χημικών ενώσεων, εκ των οποίων κάποια έχουν μεγαλύτερη αναλογία ενώ άλλα λαμβάνουν χώρα ως ιχνοστοιχεία. Τέλος, στη θάλασσα εντοπίζονται στοιχεία από όλο τον πλανήτη όπως οργανικές και ανόργανες ουσίες και διαλυμένα αέρια.⁽⁴⁾ Το ωκεάνιο νερό εκτιμάται ότι έχει αλατότητα περίπου 35/1000 αν και αυτό διαφέρει από περιοχή σε περιοχή λόγω της εξάτμισης και άλλων παραγόντων.

Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Το νερό στη γη υπάρχει σε 3 μορφές μέσα από τις οποίες συνεχώς κινείται από τους ωκεανούς στην ξηρά και το αντίθετο, αλλάζει από στερεό σε υγρό και σε αέριο, εξατμίζεται, συμπυκνώνεται και κατακρημνίζεται. Πιο συγκεκριμένα, ξεκινώντας από τη θάλασσα, μέρος αυτής εξατμίζεται λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας και ανεβαίνει στην ατμόσφαιρα σε μορφή ατμών. Το ίδιο συμβαίνει σε κάθε υδάτινο συλλέκτη που βρίσκεται στην επιφάνεια της γης, ενώ και τα φυτά συνεισφέρουν στη διαδικασία αυτή λόγω της διαπνοής η οποία αποδίδει με τη σειρά της νερό σε μορφή ατμού στην ατμόσφαιρα. Ένα πολύ μικρό μέρος των υδρατμών προέρχεται από εξάχνωση, διαδικασία κατά την οποία μέρος των πάγων ή του χιονιού μετατρέπεται κατευθείαν σε αέρια μορφή χωρίς να περάσουν στο υγρό στοιχείο.

Από τους υδρατμούς λοιπόν, οι οποίοι μεταφέρονται στην ανώτερη ατμόσφαιρα λόγω των ανοδικών ρευμάτων αέρα, περνάμε στη συμπύκνωση και τη δημιουργία σύννεφων η οποία συμβαίνει λόγω της χαμηλότερης θερμοκρασίας στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Τα σύννεφα εμπλουτίζονται συνεχώς από προστιθέμενους υδρατμούς και τελικά όταν τα σταγονίδια έχουν γίνει αρκετά μεγάλα πέφτουν με τη μορφή κατακρημνισμάτων, δηλαδή ως βροχή χιόνι, ή χαλάζι. Στην περίπτωση που τα κατακρημνίσματα πέσουν στην ξηρά τότε έχουμε την

επιφανειακή απορροή (υδατορεύματα, χείμαρροι, ποτάμια) όπου τα ύδατα παρασύρονται στον κοντινότερο συλλέκτη και τελικά στη θάλασσα ή διηθούνται μέσω του εδάφους προς εμπλουτισμό του υδροφόρου ορίζοντα με πιθανότητα εκφόρτισης σε θαλάσσιο όγκο. Στην άλλη περίπτωση όπου ως κατακρήμνισμα έχουμε χιόνι, αυτό θα λιώσει όταν η θερμοκρασία ανέβει και θα έχουμε πάλι την ίδια ροή με κατάληξη στη θάλασσα.

Γίνεται σαφές ότι ο κύκλος του νερού είναι αέναος με πολλές παραμέτρους όπως η θερμοκρασία, η εποχή, ο άνεμος και η γεωμορφολογία της περιοχής να τον μεταβάλλουν, ενώ και ο ίδιος ο υδρολογικός κύκλος επηρεάζει τόσο την κατανομή των υδάτων που επανέρχονται στη γη αλλά και την ποιότητα του νερού αφού οι επιφανειακές απορροές μπορούν να συμπαρασύρουν στο πέρασμα τους ουσίες οι οποίες θα επιβαρύνουν τον τελικό συλλέκτη.⁽¹⁾

ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΔΑΤΩΝ

Αναφερόμενοι στην ποιότητα του νερού μελετάμε την κατάστασή του βάσει των φυσικών, χημικών, βιολογικών και ραδιολογικών του χαρακτηριστικών. Ο χαρακτηρισμός του νερού σε καλής ή κακής ποιότητας γίνεται σε σχέση με τις τιμές των παραμέτρων αυτών και εξαρτάται από τη χρήση για την οποία προορίζεται το νερό.⁽⁶⁾ Από τα αρχαία ακόμα χρόνια υπήρχε η ανάγκη για επεξεργασία νερού προκειμένου να το αφαλατώσουν και να απομακρύνουν τυχόν ρυπογόνες ουσίες του εδάφους. Με την πάροδο του χρόνου και την αύξηση του πληθυσμού οι ανάγκες για νερό μεγάλωσαν και εμφανίστηκαν τα πρώτα προβλήματα ρύπανσης από την διάθεση λυμάτων. Παρουσιάστηκαν ασθένειες όπως η χολέρα και διάφορες εντερολοιμώξεις με μεγάλη εξάπλωση, οι οποίες οφείλονταν σε μικροοργανισμούς που βρίσκονται στο νερό. Άμεση συνέπεια των παραπάνω ήταν η ανάγκη για διάκριση του νερού όσον αφορά την ποιότητα του για ανθρώπινη χρήση. Ως γλυκό θεωρούταν το νερό που ικανοποιούσε κάθε είδους ανάγκη του ανθρώπου, ενώ για το πόσιμο καθορίστηκαν κριτήρια που είχαν σχέση με την υγεία του ανθρώπου. Φτάνοντας στο σήμερα η βιομηχανική ανάπτυξη, η αστυφιλία, η χρήση ραδιενεργών ουσιών, η βελτίωση της γεωργικής παραγωγής καθώς και η ανάπτυξη της χημικής βιομηχανίας, έχουν υποβαθμίσει πολύ την ποιότητα του νερού. Πλέον πρόβλημα δεν αποτελεί μόνο η ακαταλληλότητα του νερού αλλά και η μείωσή του λόγω υπερκατανάλωσης χρόνων.⁽³⁾

Ενδεικτικά, οι κυριότεροι λόγοι υποβάθμισης της ποιότητας των υδάτων στο πέρασμα του χρόνου έχουν υπάρξει οι εξής:

- Η αύξηση της βιομηχανικής παραγωγής και η συγκέντρωσή τους σε περιορισμένες γεωγραφικές εκτάσεις
- Η αυξημένη αστικοποίηση
- Η χρήση πετρελαίου και ορυκτών καυσίμων ως κύρια πηγή ενέργειας
- Η έντονη ανάπτυξη θαλάσσιων μεταφορών και ιδιαίτερα οι μεταφορές πετρελαίου και χημικών ουσιών
- Η υπερκατανάλωση

Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι να εντείνεται η ανάγκη για κατάλληλη επεξεργασία των υδάτων, προκειμένου να είναι ωφέλιμο για την εκάστοτε χρήση που το απαιτεί, με έμμεσες συνέπειες τόσο στην οικονομία όσο και στην κοινωνία γενικότερα, ενώ βαρύνουσας σημασίας είναι και η καταστροφή της θαλάσσιας πανίδας που συντελείται εδώ και χρόνια και η οποία αναμένεται να επηρεάσει ολόκληρο τον κύκλο ζωής και όχι μόνο αυτόν που αφορά τη θάλασσα.

Το νερό σήμερα είναι τόσο αναγκαίο όχι μόνο για τον ανθρώπινο οργανισμό αλλά και για κάθε είδους χρήση, όπως είναι η γεωργία, η βιομηχανία, η διαβίωση υδρόβιων οργανισμών κ.ο.κ. Κάθε ενέργεια από τις παραπάνω, πληροί συγκεκριμένα κριτήρια όσον αφορά την ποιότητα του νερού. Αυτό σημαίνει ότι ένα νερό πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία δύναται να είναι κατάλληλο για άρδευση αλλά ακατάλληλο για διαβίωση ψαριών, αφού δημιουργεί το φαινόμενο του ευτροφισμού. Από την άλλη μεριά ένα νερό που περιέχει κολοβακτηρίδιο είναι ακατάλληλο για οικιακή χρήση ή για οποιαδήποτε ενέργεια με την οποία έρχεται σε άμεση επαφή ο άνθρωπος, ακόμη και την κολύμβηση. Οι παράμετροι οι οποίες τελούν υπό ανάλυση και καθορίζουν την ποιότητα του νερού, ανάλογα πάντα με τη χρήση για την οποία προορίζεται είναι οι εξής:

- 1) Φυσικά χαρακτηριστικά: χρώμα, οσμή, γεύση, θολερότητα , θερμοκρασία, σύνολο διαλυμένων και αιωρούμενων στερεών (TDS και TSS αντίστοιχα)
- 2) Χημικά χαρακτηριστικά: pH, Ec, σκληρότητα, ηλεκτρική αγωγιμότητα και αλκαλικότητα, BOD, COD, TOC, TOD
- 3) Ανόργανα συστατικά
- 4) Κύρια και δευτερεύοντα ιόντα: (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺ , K⁺ , HCO₃⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, Cl⁻) και (Al³⁺, NH₄⁺, As⁺ , Ba²⁺, BO₃⁻, B₃⁻, Cu²⁺, Fe²⁺, Fe³⁺, Mn²⁺ , HSO₄⁻, HSO₃⁻, CO₂⁻, F⁻ , OH⁻ , H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻, PO₄³⁻, S₄⁻, SO₂⁻) αντίστοιχα.
- 5) Ανόργανα σε μη ιοντική μορφή: SiO₂
- 6) Ανόργανα που εισάγονται λόγω ανθρώπινης παρέμβασης : (As³⁺, Ba²⁺, Cd²⁺, Cr⁶⁺, Pb²⁺, Hg²⁺ , Se, Ag²⁺, Zn²⁺)
- 7) Θρεπτικά που εισάγονται λόγω ανθρώπινης παρέμβασης : (Ενώσεις αζώτου και φωσφόρου)
- 8) Ραδιενέργεια
- 9) Οργανοληπτικές παράμετροι (χρώμα, οσμή, γεύση, θολερότητα)
- 10) Φυσικές οργανικές ενώσεις : (πρωτεΐνες, υδρογονάνθρακες, λιπίδια)
- 11) Συνθετικές οργανικές ενώσεις : (επιφανειοδραστικά, φυτοφάρμακα, διαλυτικά, γλωριωμένοι υδρογονάνθρακες κ.λ.π.)
- 12) Αέρια: N₂, O₂, CO₂, H₂S, NH₃, CH₄ κ.ά.
- 13) Βιολογικές παράμετροι: Βακτήρια, ιοί, μύκητες, φύκη, πρωτόζωα, σκώληκες, τροχόζωα, καρκινοειδή κ.ά. ⁽³⁾

. Η επιλογή των παραμέτρων που επιλέχθηκαν να αναλυθούν στην παρούσα πτυχιακή έγινε με βάση τα κριτήρια που έχουν θεσπιστεί από την ελληνική κυβέρνηση ως προς την καταλληλότητα του νερού για κολύμβηση, ενώ δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι σημαντικό ρόλο παίζει και το μέρος από το οποίο γίνονται οι δειγματοληψίες..

Τα όρια μέσα στα οποία πρέπει να κυμαίνεται η τιμή της κάθε παραμέτρου έχουν καθοριστεί βάσει των οδηγιών 75/440 ΕΟΚ, 76/160 ΕΟΚ, 78/659 ΕΟΚ, 79/923 ΕΟΚ και 79/869 ΕΟΚ, ενώ σήμερα βρίσκεται σε ισχύ η ΚΥΑ 3282/2017 ⁽³⁾

➤ ΡΥΠΑΝΣΗ

Αυτό που προκαλεί ρύπανση σε ένα υδατικό σύστημα είναι η μεταβολή της οικολογικής του ισορροπίας. Η μεταβολή αυτή προκαλείται όταν εισάγονται στο υδάτινο περιβάλλον ενέργεια ή ουσίες οι οποίες είτε κατακάθονται στον βυθό είτε διαλύονται στο νερό και προκαλούν αλλαγές στη φυσική, χημική και βιολογική σύσταση των νερών αυτών. Αυτό σημαίνει για παράδειγμα ότι η απόρριψη νερού με μεγάλη θερμοκρασία σε ένα έλος θα διαφοροποιήσει την συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου και θα έχει επιπτώσεις στην γλωρίδα και την πανίδα.

Μια από τις μεγαλύτερες πηγές ρύπανσης είναι η βιομηχανία, η οποία παράγει διαφορετικού τύπου απόβλητα που είναι συνήθως πιο ρυπογόνα για το περιβάλλον συγκριτικά με άλλες δραστηριότητες μιας και ενδέχεται να περιέχουν επικίνδυνα ή και τοξικά στοιχεία. Η τοξικότητα των βιομηχανικών αποβλήτων οφείλεται συνήθως στην αποικοδόμηση χλωριωμένων υδρογονανθράκων οι οποίοι επικάθονται στους λιπαρούς ιστούς των ζώων και κατ' επέκταση στους αντίστοιχους ιστούς των ανθρώπων.

Η ρύπανση λόγω γεωργικών δραστηριοτήτων είναι ένας ακόμα παράγοντας που επιδρά αρνητικά σε ένα υδάτινο περιβάλλον (νιτρορύπανση). Οι κυριότερες ενώσεις που ρυπαίνουν είναι τα χημικά λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα. Οι καλλιέργειες δέχονται μεγάλες ποσότητες χημικών τόσο για την επιφάνεια των φυτών όσο και για το έδαφος. Οι ουσίες αυτές θα παρασυρθούν προς το στραγγιστικό δίκτυο λόγω του νερού που κινείται μέσα στο έδαφος ή εναλλακτικά λόγω της διάβρωσης θα καταλήξουν σε υδατορέματα. Τα γεωργικά αυτά απόβλητα περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις σε BOD, COD, TSS και θρεπτικών στοιχείων που σημαίνει πως θα μεταβάλλουν άρδην τη σύσταση του υδάτινου αποδέκτη δημιουργώντας το φαινόμενο του ευτροφισμού.⁽⁶⁾ Τέλος, στην γεωργία εντοπίζουμε και οργανοχλωριομένες ενώσεις, που μειώνουν την ικανότητα του θαλάσσιου φυτοπλαγκτού να φωτοσυνθέτει και εκτός από την τεράστια ταραχή που προκαλεί στο θαλάσσιο περιβάλλον έχει δραματικές συνέπειες και σε πολλούς οργανισμούς.⁽⁷⁾

Τα απορρέοντα νερά των κατακρημνισμάτων εκπλυνουν μεγάλες ποσότητες οργανικού και ανόργανου υλικού κατά τη διάβρωση των εδαφών και της όχθης των ποταμών ενώ παράλληλα παρασύρουν και οικιακά ή εργοστασιακά λύματα (απορρυπαντικά, χρώματα, διαλύτες, λάδια οχημάτων κλπ.), τα οποία καταλήγουν τελικά σε κάποιο υδατικό σύστημα μέσω της αποχέτευσης ή μέσω της ελεύθερης επιφανειακής απορροής. Σύμφωνα με τον κανονισμό 2020/741 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 25^{ης} Μαΐου 2020 Ένωσης, η σύνθεση των εκροών των αστικών λυμάτων μετά από επεξεργασία πρέπει να αποτελείται από 99,9% νερό και 0,1% στερεά.⁽⁶⁾

Οι πηγές ρύπανσης φυσικά δεν τελειώνουν εδώ. Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά μερικές ακόμα πηγές θαλάσσιας ρύπανσης:

- Ρύπανση από πλαστικά είδη
- Ρύπανση από ξενικά είδη (ψάρια, φύκια, μαλάκια, καρκινοειδή, εχινόδερμα, βακτήρια και ιοί συνήθως προκαλείται λόγω της ναυτιλίας)
- Ρύπανση από ανθρωπογενή μετακινούμενα ιζήματα (λόγω αποψίλωσης, ερημοποίησης, πλημμυρών κλπ. Διαταράσσεται η ισορροπία του οικοσυστήματος)
- Ρύπανση από πολυχλωριωμένα διφαινύλια (ψυκτικά, μονωτικά πυκνωτών & μετασχηματιστών, χρώματα, βερνίκια κλπ. Λειτουργεί όπως και οι χλωριομένοι υδρογονάνθρακες)
- Θερμική ρύπανση (απελευθέρωση θερμότητας είτε από καύση ορυκτών καυσίμων, είτε από ψύξη σε βιομηχανικές διαδικασίες. Προκαλείται εξαφάνιση πληθυσμών και δημιουργία νέων, ανάπτυξη μυκήτων, μείωση οξυγόνου κλπ.)⁽⁸⁾
- Ρύπανση από βαρέα μέταλλα (μόλυβδος, χρώμιο, νικέλιο, υδράργυρος κλπ. Προέρχονται είτε από ηφαίστεια, πετρώματα κλπ. Είτε από τη γεωργία, τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, βιομηχανικά και ζωικά απόβλητα προκαλώντας βιοσυσσώρευση)

- Ρύπανση από υφαλοχρώματα (διαλυμένη οργανική ύλη, μικροσκοπικοί και μακροσκοπικοί φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί επιταχύνουν τη διάβρωση και προκαλούν προβλήματα στα πλοία τα οποία αναγκάζονται να καταναλώσουν περισσότερα καύσιμα)
- Ρύπανση από αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα (προκαλείται λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου)
- Ρύπανση από πετρελαιοειδή ⁽⁹⁾

Συνοψίζοντας, όπως έχει οριστεί από τον Ν 1650/1986 «ρύπανση είναι η παρουσία στο περιβάλλον ρύπων, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα ή υλικές ζημιές και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του».

➤ ΜΟΛΥΝΣΗ

Θα πρέπει να γίνει σαφές, ότι ο όρος ρύπανση διαφέρει από τον όρο μόλυνση παρά το γεγονός ότι και τα δύο προκαλούν υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Ως μόλυνση ορίζεται σύμφωνα με το Ν 1650/1986 «η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στο περιβάλλον ή δεικτών που υποδηλώνουν την πιθανότητα παρουσίας τέτοιων μικροοργανισμών». Αυτό σημαίνει ότι η παροχέτευση αστικών λυμάτων (βόθροι) στον υδατοσυλλέκτη, οι διαρροές αποχετευτικών δικτύων, εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, μικρόβια και βακτηρίδια γενικότερα, καθώς και τα κτηνοτροφικά- πτηνοτροφικά απόβλητα, θα προκαλέσουν μόλυνση, όχι όμως ρύπανση. Οι εισαγόμενες στον αποδέκτη ουσίες εξαπλώνονται μέσω της διάχυσης, της διασποράς, ή της μετακίνησης. Με την διάχυση τα μόρια και τα σωματίδια της μόλυνσης διασκορπίζονται στο νερό λόγω τριβώδους κίνησης, ενώ με την διασπορά διασπείρονται λόγω εγκάρσιας διάχυσης. Με την μετακίνηση μεταφέρεται μάζα οριζόντια ή κατακόρυφα. Έτσι η μόλυνση μπορεί να είναι σημειακή δηλαδή να προκαλείται από αναγνωρίσιμη αιτία (αποστράγγιση επιφανειακής απορροής, μονάδα βιολογικού καθαρισμού κλπ.) ή μη σημειακή δηλαδή είναι διάχυτη (γεωργικές απορροές, χώροι υγειονομικής ταφής, ζωικά περιττώματα κλπ.). Η αρχή αυτή φυσικά ισχύει και για τη ρύπανση.

Οι οργανισμοί που προκαλούν μικροβιολογική μόλυνση στη θάλασσα μπορεί να είναι είτε παθογόνοι, είτε ωφέλιμοι. Οι κυριότεροι εκ των παθογόνων είναι οι εξής:

- Βακτήρια: *Vibrio*, *Cholera*, *Salmonell* sp, *shigelia*
 - Πρωτόζωα: *Entamoeba histolytica*
 - Μετάζωα: *Nematode ova*, *cestode ova*
 - Ιοί: *Poliovirus*, *infectious hepatitis*, *adenoviruses*, *coxsackie viruses*, *echoviruses reoviruse*.
- ⁽⁹⁾

Η ύπαρξη των παραπάνω οργανισμών στα επιφανειακά νερά υποδηλώνει παρουσία λυμάτων και αποβλήτων πιθανώς από σανατόρια ή και σφαγεία, ενώ μπορεί να προκαλέσουν σοβαρές λοιμώξεις στον άνθρωπο και τα ζώα, να εξαφανίσουν γηγενείς πληθυσμούς και να καταστήσουν ένα ολόκληρο θαλάσσιο οικοσύστημα απαγορευτικό για οποιαδήποτε χρήση.

Εν κατακλείδι, η μεταβολή του περιβάλλοντος είτε από μόλυνση είτε από ρύπανση εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων προκαλεί υποβάθμιση του περιβάλλοντος και έχει έμμεσες συνέπειες στην υγεία των ανθρώπων και την οικολογική ισορροπία. Και ενώ ο διαχωρισμός των

δυο εννοιών είναι αρκετά σημαντικός, αυτό που έχει βαρύνουσα σημασία είναι το αίτιο που προκαλεί την υποβάθμιση, αλλά και το αποτέλεσμα αυτής.

ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ

Η συγκέντρωση των θρεπτικών παίζει σημαντικό ρόλο στην εμφάνιση του ευτροφισμού, στην υπέρμετρη δηλαδή ανάπτυξη φυτικών οργανισμών σε υδάτινα σώματα με άμεση διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας. ⁽¹⁰⁾ Πιο συγκεκριμένα το φαινόμενο του ευτροφισμού χαρακτηρίζεται από έντονη ανάπτυξη του φυτοπλαγκτόν ιδιαίτερα κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο με συνέπεια την υπερανάπτυξη υδρόβιων μακρόφυτων, τη μείωση του διαλυμένου οξυγόνου, τη δημιουργία τοξινών θανατηφόρων για τα ψάρια και τη δυσοσμία.

Κατά την αποικοδόμηση των θρεπτικών συστατικών που βρίσκονται στο νερό, παράγονται συστατικά τα οποία καταναλώνονται από το φυτοπλαγκτόν. Όταν τα συστατικά αυτά υπάρχουν υπέρμετρα σε ένα υδάτινο σύστημα, το φυτοπλαγκτόν θα καταναλώσει μεγάλη ποσότητα επομένως θα αναπτυχθεί υπέρμετρα και το ίδιο. Μαζί με τα υδρόβια φυτά θα καταναλώσουν μεγάλες ποσότητες διαλυμένου οξυγόνου το οποίο θα μειωθεί και θα δημιουργήσει αναερόβιες συνθήκες στο σύστημα. Οι συνθήκες αυτές θα προκαλέσουν την παραγωγή τοξινών οι οποίες αποτελούν τεράστιο κίνδυνο για τη βιοποικιλότητα. Εκτός των παραπάνω, η επιφάνεια του νερού καλύπτεται με φύκια και βακτήρια τα οποία δεν επιτρέπουν στην ηλιακή ακτινοβολία να περάσει στα βαθύτερα στρώματα με αποτέλεσμα την αδυναμία των οργανισμών να φωτοσυνθέσουν επομένως πεθαίνουν. Η αποσύνθεση αυτών προκαλεί περαιτέρω ανάπτυξη βακτηριών και θρεπτικών συστατικών οπότε το πρόβλημα διαιωνίζεται και γίνεται συνεχώς μεγαλύτερο. ^(11/12)

Αξίζει να σημειωθεί πως στα υπόγεια νερά η πιθανότητα εμφάνισης ευτροφισμού είναι περισσότερο πιθανή λόγω της μεγαλύτερης στασιμότητας των νερών, χωρίς αυτό να είναι απαραίτητο βέβαια. Συνήθως οι σχετικά ρηχές και προφυλαγμένες λεκάνες με στάσιμα νερά χωρίς ρεύματα που να βοηθούν στην ανταλλαγή υδάτινων μαζών ευνοούνται περισσότερο για συσσώρευση ουσιών. Επίσης η θερμική στρωμάτωση και η πυκνότητα του νερού αποτελούν άλλους παράγοντες προδιάθεσης.

Η Ελλάδα σε γενικές γραμμές χαρακτηρίζεται από καθαρές θάλασσες χωρίς ιδιαίτερα ευτροφικά φαινόμενα. Το ίδιο βέβαια δεν ισχύει για τις λίμνες και τους κλειστούς κόλπους στους οποίους εκβάλλουν διάφορα ποτάμια ή παροχετεύονται αστικά λύματα. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι το βόρειο τμήμα του Σαρωνικού, ο κόλπος της Ελευσίνας, το βόρειο τμήμα του Θερμαϊκού, ο Μαλιακός, τμήμα του Παγασητικού, ο Αμβρακικός κόλπος, η λιμνοθάλασσα του Αράξου, οι λιμνοθάλασσες του Μεσολογγίου, οι κόλποι της Γέρας και Καλλονής κλπ. ⁽¹²⁾

Βασικό στοιχείο του οποίου η μεγάλη συγκέντρωση αυξάνει τις πιθανότητες ευτροφισμού ενός συστήματος, είναι ο φώσφορος. Αποτελεί αναπόσπαστο συστατικό για την ανάπτυξη των οργανισμών και η έλλειψη του μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής, σε μία υδατική μάζα. Παρόλα αυτά στην περίπτωση που αποτελεί περιοριστικό παράγοντα και υπό ορισμένες συνθήκες, είναι ικανό να δημιουργήσει έντονη ανάπτυξη φωτοσυνθετικών οργανισμών οι οποίοι ευθύνονται για το φαινόμενο του ευτροφισμού. Οι συνθήκες αυτές περιλαμβάνουν την παροχέτευση λυμάτων, βιομηχανικών και κτηνοτροφικών αποβλήτων καθώς και την έκπλυση γεωργικών εδαφών στο υδάτινο σύστημα. ⁽⁴⁾

➤ ΝΙΤΡΟΥΠΑΝΣΗ

Καταλυτικό ρόλο στον ευτροφισμό παίζει επίσης το άζωτο και οι ενώσεις του, που σχηματίζουν τα νιτρικά και νιτρώδη άλατα κατά την ένωσή τους με το οξυγόνο. Η νιτρούπανση όπως αποκαλείται, αποτελεί μείζων πρόβλημα τόσο για την ατμόσφαιρα όσο και για το έδαφος, επομένως δεν μπορεί να αφήνει ανεπηρέαστα τα νερά, ειδικά από τη στιγμή που οι ενώσεις του εδάφους και του αέρα καταλήγουν αναπόφευκτα στο νερό, είτε μέσω των κατακρημνισμάτων είτε μέσω της περατότητας του εδάφους προς τον υδροφόρο ορίζοντα.

Οι αγροτικές δραστηριότητες είναι αυτές που κατά κύριο λόγο επιβαρύνουν τα ύδατα με νιτρικά ιόντα, συνήθως μετά από έντονη και μακροχρόνια χρήση αζωτούχων λιπασμάτων στις καλλιέργειες, αλλά και η συγκέντρωση ζωικών αποβλήτων λόγω της κτηνοτροφίας, τα οποία υπόκεινται σε νιτροποίηση και ανοργανοποίηση από βακτήρια. Κατ' επέκταση σε περιοχές με έντονη αγροτική ανάπτυξη είναι πολύ συχνό φαινόμενο οι πλησιέστεροι υδάτινοι όγκοι να παρουσιάζουν προβλήματα νιτρούπανσης. Το φαινόμενο βέβαια συνήθως συνοδεύεται και από παρουσία φωσφορικών ιόντων, ενώ προσθέτοντας και την ηλιακή ακτινοβολία έχουμε όλες τις παραμέτρους που δημιουργούν το φαινόμενο του ευτροφισμού.

Στα υπόγεια νερά εντοπίζεται βιοσυσσώρευση νιτρικών ιόντων, δηλαδή αθροιστική συσσώρευση αυτών, η οποία σε πολλές περιπτώσεις είναι τόσο μεγάλη που μπορεί να καταστήσει τα αποθέματα νερού ακατάλληλα για πόση ή ακόμη και για άρδευση και να αχρηστεύσει τυχόν γεωτρήσεις ή πηγές που χρησιμοποιούνται για υδροδότηση.

Βάσει των παραπάνω έχει δημιουργηθεί νομοθετικό πλαίσιο με διάφορα προγράμματα δράσης και κώδικες ορθών πρακτικών (κυρίως στη γεωργία) προκειμένου το πρόβλημα μειωθεί και να προληφθεί από τη ρίζα του πριν ακόμη γίνει ανεξέλεγκτο. ⁽¹²⁾

ΛΟΙΜΩΞΕΙΣ

Είναι πολύ σύνθητες στις μέρες μας, οι παράκτιες περιοχές να δέχονται μεγάλο ρυπαντικό φορτίο λόγω της μεγάλης συγκέντρωσης πληθυσμού σε αυτές, επομένως και των αυξημένων δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα. Όπως έχει αναφερθεί και πιο πάνω, ο τουρισμός, οι οικοδομικές εργασίες, τα καταστήματα εστίασης, η γεωργία, η κτηνοτροφία και φυσικά η βιομηχανία δημιουργούν τεράστιο αντίκτυπο τόσο στο περιβάλλον όσο και στην υγεία του ανθρώπου υποβαθμίζοντας τα οικοσυστήματα και διαταράσσοντας ολόκληρη τη ζωική βιοποικιλότητα. Οι φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα όπως η επιφανειακή απορροή από τα κατακρημνίσματα καθώς και η αποσάθρωση και μεταφορά της ύλης μέσω ποταμών στη θάλασσα, συντελούν στην αύξηση της θαλάσσιας ρύπανσης. Τελικός αποδέκτης της κατάστασης αυτής φαίνεται να είναι ο άνθρωπος ο οποίος ανέκαθεν στρεφόταν στο νερό για ψυχαγωγία και άθληση. Όταν όμως η κατάσταση είναι αυτή που περιγράφηκε, προκύπτουν κίνδυνοι που πρέπει να αντιμετωπιστούν.

Η εκδήλωση νοσημάτων από κολύμβηση σε νερά έχει αμφισβητηθεί από διάφορους επιστήμονες, ενώ άλλοι υποστηρίζουν ότι η ίδια λοίμωξη μπορεί να εκδηλώνεται διαφορετικά όταν προέρχεται από μολυσμένα νερά σε σύγκριση με άλλη προέλευση της νόσου (πχ. κατανάλωση μολυσμένων τροφίμων). Έτσι έχουν μελετηθεί και οι παράγοντες που επηρεάζουν την εκδήλωση μιας υδατογενούς νόσου όπως ο χρόνος παραμονής στο νερό, η ηλικία (παιδιά κάτω των 4 ετών είναι πιο πιθανό να εμφανίσουν εντερικές λοιμώξεις ενώ ηλικίες 15-24 ετών είναι πιο ευαίσθητες

σε ωτίτιδες και λοιμώξεις του αναπνευστικού). Ακόμη, σημαντικό ρόλο παίζει το εάν κάποιος βυθίζει το κεφάλι του στο νερό γιατί τότε αυξάνεται κατά πολύ η πιθανότητα εμφάνισης νόσου. Ο όγκος του νερού που καταπίνεται κατά την κολύμβηση (10-50ml) θεωρείται μικρός για να μολύνει κάποιον, σε περίπτωση όμως που ένας μικροοργανισμός έχει χαμηλή μολυσματική δόση τότε μπορεί να προσβάλει τον άνθρωπο. Τέλος, όταν επικρατούν ισχυροί άνεμοι και κύματα θεωρείται πιο πιθανό να εμφανιστεί μια λοίμωξη εξαιτίας των ρευμάτων που υπάρχουν στη θάλασσα και τα οποία μπορούν να μεταφέρουν ρυπαντικό φορτίο από μακριά. ⁽¹³⁾

Στις θαλάσσιες περιοχές όπου υπάρχει έντονος συνωστισμός λουόμενων το μικροβιακό φορτίο είναι ακόμη μεγαλύτερο. Το δέρμα, ο γαστρεντερικός σωλήνας καθώς και το αναπνευστικό σύστημα αποτελούν πύλες εισόδου των μικροβίων στον οργανισμό του ανθρώπου. Όταν βέβαια οι παθογόνοι οργανισμοί βρίσκονται στο νερό, η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει πολύ πιο εύκολα και γρήγορα προκαλώντας τις λεγόμενες υδατογενείς λοιμώξεις οι οποίες κατηγοριοποιούνται ως εξής:

- Εντερικές λοιμώξεις (γαστρεντερίτιδες): Συνήθως οφείλονται στην κατάποση ύδατος κατά τη διάρκεια της κολύμβησης. Αμερικανικές επιδημιολογικές μελέτες έδειξαν ότι ο εντερόκοκκος αποτελεί επαρκή και αξιόπιστο δείκτη της ποιότητας του νερού, βάσει του οποίου μπορεί να προσδιοριστεί η πιθανότητα εμφάνισης γαστρεντερίτιδας σε κολυμβητές. Η Αμερικανική νομοθεσία ορίζει ότι στα κολυμβητικά ύδατα δεν πρέπει να υπάρχουν πάνω από 35 εντερόκοκκοι ανά 100ml δείγματος. Αντίθετα στην Ελλάδα ως δείκτες μικροβιακού φορτίου χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο τα ολικά και κοπρανώδη κολοβακτηριειδή με επιθυμητές τιμές 500/100ml δείγματος για τα ολικά και 100/100ml δείγματος για τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή.
- Λοιμώξεις από αυτόχθονους ευκαιριακά παθογόνους μικροοργανισμούς, οι οποίοι προσβάλλουν συνήθως άτομα με αδύναμο ανοσοποιητικό σύστημα, παιδιά και ενήλικες με ευαισθησία στο δέρμα ή νοσήματα των αυτιών και των οφθαλμών.
- Ανθρωπογενείς λοιμώξεις οι οποίες οφείλονται στον ίδιο τον άνθρωπο όταν μικροοργανισμοί της φυσιολογικής του χλωρίδας διαφεύγουν στο νερό και μπορεί να μολύνουν είτε τον ίδιο είτε άλλους ανθρώπους που μπορεί να κολυμπούν κοντά. Αυτό συνήθως συμβαίνει σε περιοχές με αυξημένο συνωστισμό.

Οι λοιμώξεις αυτές περιλαμβάνουν βακτηριακές, ιογενείς και παρασιτικές γαστρεντερίτιδες, δερματίτιδες, ωτίτιδες, επιπεφυκίτιδες και ρινοφαρυγγίτιδες, πρωτοπαθή μηνιγγοεγκεφαλίτιδα, πνευμονία, σηψαιμία, ουρολοιμώξεις και κολπίτιδες. ⁽¹³⁾

Όσον αφορά τις ωτίτιδες αυτές συνήθως χαρακτηρίζονται εξωτερικές (προσβάλλεται το εξωτερικό μέρος του αυτιού) και υπεύθυνα είναι βακτήρια αρνητικά κατά Gram (*P. aeruginosa*), κόκκοι θετικοί κατά Gram (*S. aureus*), όπως επίσης και η πλειοψηφία των μικροοργανισμών που προκαλούν δερματίτιδες και έχουν αναφερθεί παρακάτω. Στην εμφάνιση της ωτίτιδας παίζουν ρόλο διάφοροι παράγοντες όπως ο χρόνος έκθεσης στο υγρό περιβάλλον, η ηλικία, η θερμοκρασία του νερού καθώς και τυχόν προϋπάρχοντα προβλήματα του αυτιού που ευνοούν την μόλυνσή του.

Σχετικά με τις επιπεφυκίτιδες, προέρχονται συνήθως από *P. aeruginosa*, ενώ για την φαρυγγοεπιπεφυκίτιδα υπεύθυνοι είναι οι αδενοϊοί.

Η πρωτοπαθής μηνιγγοεγκεφαλίτιδα όπως και γενικότερα οι μηνιγγίτιδες που προέρχονται από την επαφή με το νερό οφείλονται στην αμοιβάδα με το όνομα *Naegleria fowleri* η οποία προσβάλλει το κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ) και συνήθως έχει θανατηφόρα εξέλιξη. Μολύνει κατά βάση νέους ηλικίας έως 27 ετών σύμφωνα με τα μέχρι τώρα καταγεγραμμένα δεδομένα. Εισέρχεται από το νερό στον άνθρωπο μέσω του ρινικού νεύρου που καταλήγει στον εγκέφαλο και εντοπίζεται μόνο σε γλυκά νερά, ζεστά, στάσιμα και ρυπασμένα. Ένα άλλο είδος μηνιγγίτιδας η λεπτοσπείρωση, είναι και αυτή συνυφασμένη με κολύμβηση σε γλυκά νερά και προέρχεται από το *Leptospira hicterohaemorrhagiae*.⁽¹³⁾

Η πνευμονία δεν συσχετίζεται συχνά με φυσικά νερά και εισπνοή σταγονιδίων από αυτά, αλλά έχει συχνή εμφάνιση σε ιαματικά λουτρά και ζεστές πηγές. Οι μικροοργανισμοί που ευθύνονται είναι το *L. pneumophila* και *Mycobacteria*, το πρώτο εκ των οποίων δύναται να μεταλλαχθεί και να προκαλέσει λεγιονέλλωση, κυρίως σε περιπτώσεις ρινοθεραπείας με νερό. Άλλοι μικροοργανισμοί που δημιουργούν πνευμονίες είναι *Pseudomonas aeruginosa*, *Legionella pneumophila*, *Legionella bozemanii* και *Aeromonas hydrophila*.

Η σηψαιμία προκαλείται συνήθως σε άτομα ανοσοκατεσταλμένα, με βαριά υποκείμενη νόσο ή που έχουν περάσει πνευμονία και κατά βάση θεωρείται επιπλοκή μιας υδατογενούς λοίμωξης. Οι οργανισμοί που ευθύνονται για την εμφάνιση σηψαιμίας είναι οι *Aeromonas hydrophila*, *Chromobacterium violaceum*, *Vibrio vulnificus*, *Vibrio parahaemolyticus* και *Vibrio alginolyticus*.

Τέλος, όσων αφορά τις κολπίτιδες και τις ουρολοιμώξεις που έχουν μεγάλη έξαρση τους καλοκαιρινούς μήνες και αποδίδονται σε μολυσμένα θαλάσσια νερά, έχει αποδειχθεί ότι αυτό δεν ισχύει, καθώς τα βακτηρίδια αδυνατούν να προσκολληθούν στα επιθηλιακά κύτταρα μέσα στο νερό, επομένως η λοίμωξη δεν ευδοκμεί.⁽¹³⁾

➤ ΓΑΣΤΡΕΝΤΕΡΙΤΙΔΕΣ

Για τις βακτηριακές γαστρεντερίτιδες ευθύνονται παθογόνα βακτήρια όπως η σαλμονέλα (*Salmonella* spp) και τα διάφορα είδη της τα οποία όμως ζουν στο νερό μόνο μέχρι και 16 ώρες ενώ και η πυκνότητα τους είναι συνήθως χαμηλή στις κολυμβητικές ακτές λόγω της μεγάλης αραιώσης. Αντίθετα αυξημένη τιμή σαλμονελλών εμφανίζεται σε σημεία εκβολής ανεπεξέργαστων λυμάτων. Στο παρελθόν οι επιδημίες από σαλμονέλα ήταν συχνό φαινόμενο κυρίως λόγω της έλλειψης επεξεργασίας των αποβλήτων, σήμερα όμως είναι πιο πιθανό κάποιος να μολυνθεί από κατανάλωση μολυσμένων οστρακοειδών παρά από την άμεση επαφή με το νερό. Αυτό συμβαίνει διότι τα οστρακοειδή που βρίσκονται σε μολυσμένα ύδατα, έχουν την τάση να κατακρατούν και να συσσωρεύουν τα βακτήρια στον οργανισμό τους με αποτέλεσμα να μολύνεται και ο άνθρωπος κατά την κατανάλωση αυτών.

Άλλο βακτήριο που προκαλεί γαστρεντερίτιδα είναι το *Vibrio* spp και τα διάφορα είδη του. Το ένα είδος αποτελεί αυτόχθονες θαλάσσιους μικροοργανισμούς (*vibrio parahaemolyticus*) και λειτουργεί περίπου όπως και η σαλμονέλα δηλαδή μπορεί να προσβάλλει τον άνθρωπο μέσω των μολυσμένων οστρακοειδών αλλά όχι μέσω της κατάποσης θαλασσινού νερού. Ακόμη ένας αυτόχθονας μικροοργανισμός (*Vibrio alginolyticus*) είναι υπαίτιος για ωτίτιδες και μόλυνση ανοιχτών τραυμάτων από το μολυσμένο νερό. Στην άλλη κατηγορία του βακτηρίου εντάσσονται οι αλλόχθονες *vibrio* οι οποίοι προέρχονται από τα λύματα και μπορούν να προκαλέσουν από απλή γαστρεντερίτιδα έως και χολέρα. Επιβιώνουν στο νερό περίπου 10 ώρες και έχουν αρκετά

υψηλή μολυσματική δόση, ενώ και αυτά μολύνουν τον άνθρωπο από την κατανάλωση οστρακοειδών.⁽¹³⁾

Το *Shigellaspp* είναι ένα βακτήριο που μπορεί να επιβιώσει στο νερό για έως και 22 ώρες ενώ η μολυσματική του δόση είναι αρκετά χαμηλή για να προσβάλλει τον άνθρωπο. Γαστρεντερίτιδες που οφείλονται στο συγκεκριμένο βακτήριο έχουν παρατηρηθεί μόνο σε κολυμβητές ποταμών. Τέλος, το βακτήριο *campylobacterspp* ευθύνεται για μεγάλο αριθμό κρουσμάτων γαστρεντερίτιδας τόσο στην Ευρώπη όσο και στις ΗΠΑ κυρίως λόγω της χαμηλής μολυσματικής του δόσης που αγγίζει τα 500 μικροβιακά κύτταρα.

Οι γαστρεντερίτιδες ωστόσο δεν προκαλούνται μόνο από βακτήρια αλλά και από ιούς. Οι συνηθέστεροι εξ' αυτών βρίσκονται στο νερό μέσω των αστικών λυμάτων και είναι οι Εντεροϊοί, οι Reo-ιοί, οι Adeno-ιοί και οι Parvo-ιοί. Οι εντεροϊοί αντέχουν στο νερό έως και 130 μέρες και θεωρούνται αρκετά επικίνδυνοι λόγω της χαμηλής μολυσματικής τους δόσης ενώ ως συχνότερο αίτιο εντοπίζονται οι ιοί Coxsackie A&B, ο Norwalk και οι Rota-ιοί που προσβάλλουν κυρίως παιδιά και εφήβους και εμφανίζονται συχνότερα σε κολυμβητές ποταμών και λιμνών.

Τέλος οι γαστρεντερίτιδες μπορεί να είναι και παρασιτικές να οφείλονται δηλαδή σε πρωτόζωα όπως τα *Entamoebahystolitica*, την *Giardialambliia*, το *Balantidiumcoli* και το *Cryptosporidium*. Εισέρχονται στη θάλασσα μέσω των αποβλήτων και συνήθως προσβάλλουν τον άνθρωπο κατά την κατάποση μολυσμένου ύδατος (ένα και μόνο αυγό παράσιτου αρκεί), ή λόγω κατανάλωσης μολυσμένων οστρακοειδών. Οι περισσότερες τεκμηριωμένες παρασιτικές γαστρεντερίτιδες αναπτύχθηκαν εξαιτίας των *Giardia* και *Cryptosporidium*.⁽¹³⁾

➤ ΔΕΡΜΑΤΙΤΙΔΕΣ

Η επαφή με το νερό πολύ συχνά μπορεί να προκαλέσει λοιμώξεις του δέρματος. Το *Vibriosprr* είναι ένα από τα μικρόβια που προκαλούν υδατογενείς δερματίτιδες. Υπεύθυνα για τη λοίμωξη είναι τρία από τα είδη του, το *Vibriovalginolyticus*, το *Vibriovulnificus* και σε λιγότερες περιπτώσεις το *V. Parahaemolyticus*.

Άλλο μικρόβιο που ευρέως ενοχοποιείται για δερματικές λοιμώξεις είναι το *Aeromonasspp* και πιο συγκεκριμένα το *Aeromonashydrophila*. Μεταδίδεται είτε μέσω της κατάποσης νερού είτε μέσω κατανάλωσης θαλασσινών που έχουν ήδη μολυνθεί. Παράλληλα, το ίδιο μικρόβιο ευθύνεται και για γαστρεντερίτιδες και λοιμώξεις του αναπνευστικού ενώ δύναται σε ορισμένες περιπτώσεις να προκαλέσει και σηψαιμία.

Ο γνωστός σταφυλόκοκκος (*Staphylococcuspp*) μπορεί να επιβιώσει τόσο στο νερό όσο και στην άμμο, ενώ το χλωριούχο νάτριο (αλατότητα) δεν αποτελεί εμπόδιο στην επιβίωση του συγκριτικά με άλλους μικροοργανισμούς, οπότε και τον καθιστά έναν από τους σημαντικούς μικροβιολογικούς δείκτες ρύπανσης του νερού. Προέρχεται κυρίως από τον ίδιο τον άνθρωπο που μπορεί να τον μεταφέρει σε ακτή και νερό, επομένως μεγαλύτερη συγκέντρωσή του εμφανίζεται σε περιοχές με έντονη την ανθρώπινη παρουσία. Τα οστρακοειδή έχουν την τάση να συσσωρεύουν ποσότητες σταφυλόκοκκου με αποτέλεσμα τις τροφικές δηλητηριάσεις σε περίπτωση κατανάλωσης.⁽¹³⁾

Τα άτυπα μυκοβακτηρίδια (*Mycobacterium*spp) δημιουργούν δερματικές λοιμώξεις συνήθως σε άκρα με κακώσεις. Τα συχνότερα ευρισκόμενα και τεκμηριωμένα είδη είναι το *M. Marinum* και σε μικρότερη συχνότητα το *M. Fortuitum* και *M. Chelonae*.

Οι ψευδομονάδες δύναται να προκαλέσουν δερματίτιδες απλά και μόνο με την επαφή με μολυσμένο νερό. Υπεύθυνο είναι το μικρόβιο *P. aeruginosa* το οποίο εμφανίζεται στα απόβλητα οπότε η ύπαρξή του στο νερό υποδεικνύει αυξημένους δείκτες ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών.

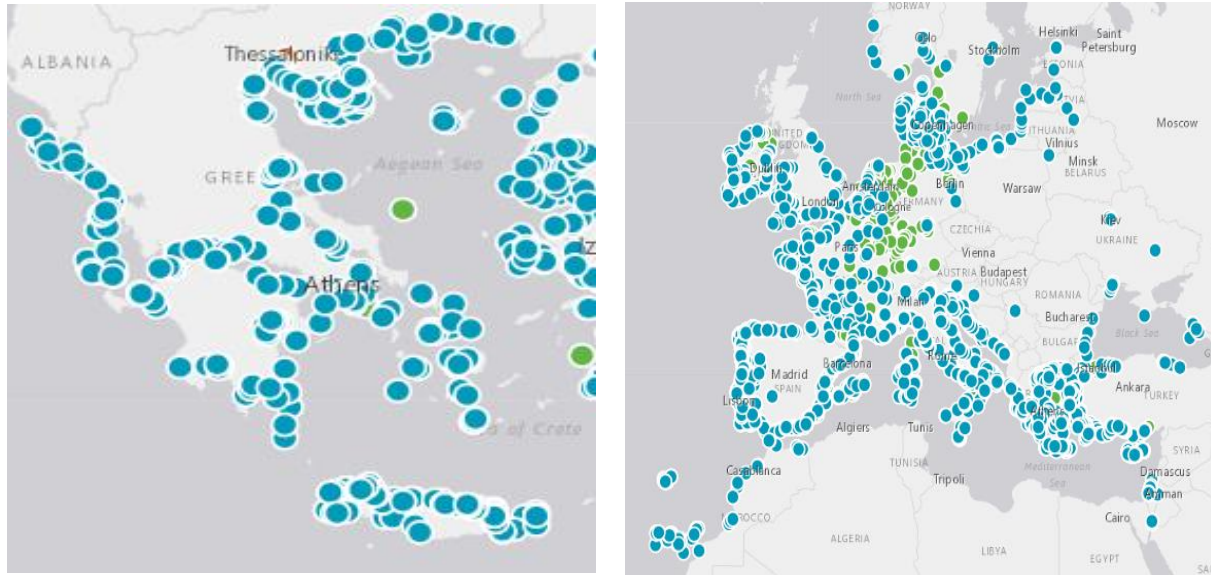
Η παρουσία μυκήτων στο νερό με συχνότερη την εμφάνιση του *candidaalbicans* μπορεί να προκαλέσει λοιμώξεις του δέρματος. Επιβιώνει τόσο στο νερό όσο και στην άμμο, είναι όμως περισσότερο μεταδοτικό κατά την επαφή με την άμμο. Άλλοι μύκητες που έχουν προσδιοριστεί σε υδατογενείς δερματίτιδες είναι οι *Aspergillus*, *Mucor*, *Fuzarium* και *Rhizopus*.

Τέλος, κατά την επαφή με μολυσμένο από λύματα νερό μπορεί να παρουσιαστεί σχιστοσωμιακή δερματίτιδα (*Schistosomaspp*) η οποία προέρχεται από το ομώνυμο παράσιτο και δημιουργεί αλλεργική αντίδραση στο δέρμα. Κρούσματα της συγκεκριμένης λοίμωξης έχουν εμφανιστεί σε παγκόσμια κλίμακα σε Ευρώπη, Αφρική, Ινδία, Μαλαισία, Μεξικό.⁽¹³⁾

ΓΑΛΑΖΙΑ ΣΗΜΑΙΑ

Το πρόγραμμα «Γαλάζια Σημαία» έχει τις ρίζες του στη Γαλλία όπου ξεκίνησε δοκιμαστικά το 1985, η εφαρμογή του όμως γενικότερα στην Ευρώπη άρχισε 2 χρόνια αργότερα την 5^η Ιουνίου του 1987 η οποία αποτελεί και διεθνή ημέρα Περιβάλλοντος. Κατά την εγκαθίδρυση του εθελοντικού αυτού προγράμματος παρουσιάστηκε στο Συμβούλιο της Ευρώπης και στην Ευρωπαϊκή Ένωση ως «πρωτότυπη Περιβαλλοντική Δράση για ακτές και μαρίνες με μεγάλο αριθμό λουόμενων». Έκτοτε βέβαια, το πρόγραμμα άλλαξε μορφή και υπόσταση και πλέον έγκειται στη βιώσιμη ανάπτυξη κάθε είδους υδάτινου οικοσυστήματος, Το Ίδρυμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (FEE-FoundationforEnvironmentalEducation) που αποτελεί και τον διεθνή συντονιστή του προγράμματος και υπεύθυνο οργανισμό για την απονομή της γαλάζιας σημαίας, αναδιαμορφώνει τακτικά τα κριτήρια βάσει των οποίων γίνεται η βράβευση, ανάλογα με τις ανάγκες που προκύπτουν από τα τεκταινόμενα στο ευρύτερο περιβάλλον. Έτσι, επιτυγχάνεται η συνεχής βελτίωση των συνθηκών σε κάθε ακτή και μαρίνα η οποία αξιολογείται.

Από το 2001 και μετά, ξεκίνησε η παγκόσμια εφαρμογή του προγράμματος ενώ το πρώτο μέλος εκτός Ευρώπης αποτέλεσε η Νότια Αφρική. Η Ελλάδα εντάχθηκε στο πρόγραμμα «Γαλάζια Σημαία» το 1992 ενώ μέχρι και σήμερα υπάρχει ένας συνεχώς αυξανόμενος αριθμός συμμετοχών από διάφορες χώρες. Ενδεικτικά, από το 2000 έχουν λάβει συμμετοχή 49 χώρες σχεδόν από όλες τις ηπείρους.⁽¹⁴⁾



Εικόνα 1: Αριστερά απεικονίζονται με μπλε βούλα οι βραβευμένες με "Γαλάζια σημαία" ακτές και με πράσινη βούλα οι βραβευμένες μαρίνες. Δεξιά απεικονίζονται τα αντίστοιχα δεδομένα για την Ευρώπη. Πηγή: (15)

Η φιλοσοφία του προγράμματος ουσιαστικά παροτρύνει τους δήμους και γενικά τους διαχειριστές της εκάστοτε ακτής/μαρίνας να εργαστούν για την βελτίωση της ποιότητας των υδάτων, την περιβαλλοντική διαχείριση του ευρύτερου περιβάλλοντος γύρω από την ακτή/μαρίνα, την ασφάλεια καθώς και την πρόσβαση στο σημείο. Το πρόγραμμα θέτει τις ελάχιστες απαιτήσεις, οι περισσότερες εκ των οποίων είναι υποχρεωτικές, ενώ παράλληλα το κάθε κράτος μπορεί να θέσει και τα δικά του αυτόνομα κριτήρια για ένα ακόμη καλύτερο αποτέλεσμα. Με την πάροδο του χρόνου και την συνεχώς αυξανόμενη απήχηση του προγράμματος, οι χώρες προσπαθούν να κερδίζουν γαλάζια σημαία για ολοένα και περισσότερα υδατικά οικοσυστήματα όπως φαίνεται και στην εικόνα 1. Πιο συγκεκριμένα η απονομή της «Γαλάζιας σημαίας» γίνεται σύμφωνα με τα εξής κριτήρια:

- 1. Περιβαλλοντική εκπαίδευση και πληροφόρηση:** Πρέπει να υπάρχουν αναρτημένοι πίνακες με πληροφορίες σχετικά με το παράκτιο οικοσύστημα και τους κινδύνους που διατρέχει καθώς και έντυπο με οδηγίες συμπεριφοράς των πολιτών στην εκάστοτε ακτή/μαρίνα προκειμένου να αυξάνεται η ευαισθητοποίηση. Ακόμη πρέπει να περιλαμβάνονται πληροφορίες σχετικά με το πρόγραμμα και να διοργανώνονται δράσεις που θα προάγουν την προστασία του περιβάλλοντος και της ακτής.
- 2. Ποιότητα νερών κολύμβησης:** Είναι απαραίτητο να γίνονται τακτικές δειγματοληψίες προκειμένου να προσδιορίζεται εργαστηριακά η ποιότητα των υδάτων κολύμβησης, ενώ απαγορεύεται αυστηρά η διάθεση βιομηχανικών λυμάτων στην ακτή. Όσον αφορά τα αστικά λύματα αυτά μπορούν να απορριφθούν στη θάλασσα μόνο μετά από επεξεργασία όπως ορίζεται και από την Ευρωπαϊκή Οδηγία.
- 3. Περιβαλλοντική διαχείριση:** Απαιτεί τον σχεδιασμό και τη διαχείριση της ευρύτερης περιοχής της ακτής/μαρίνας σύμφωνα με περιβαλλοντικά πρότυπα. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να γίνεται τακτικός καθαρισμός της περιοχής από σκουπίδια και αποτίγματα, πρέπει να διατίθενται οι απαραίτητες εγκαταστάσεις υγιεινής με ελεγχόμενο σύστημα αποχέτευσης, καθώς και κάδοι απορριμμάτων αλλά και ανακύκλωσης. Στις παραλίες με

γαλάζια σημαία απαγορεύεται η ελεύθερη κατασκήνωση και εργασίες συντήρησης κτηρίων και εξοπλισμών, ενώ η παραμονή κατοικίδιων ζώων επιτρέπεται αλλά με επιτήρηση.

4. **Ασφάλεια, ναυαγосωστικά, πρώτες βοήθειες, υπηρεσίες και εγκαταστάσεις:** Βασικό κριτήριο για την απονομή της γαλάζιας σημαίας αποτελεί η ασφάλεια του κοινού και αυτό συνεπάγεται την ύπαρξη άρτια καταρτισμένων ναυαγосωστών καθώς και τον απαραίτητο για αυτούς σωστικό εξοπλισμό. Απαραίτητη είναι και η πρόσβαση σε τηλέφωνο και πρώτες βοήθειες ενώ δεν πρέπει να εξαιρούνται από το πλάνο και περίπτωση ατυχήματος ρύπανσης με άμεσο σχέδιο αντιμετώπισης και ενημέρωσης των πολιτών. Τέλος πρέπει ακόμη να ληφθεί υπόψη η ασφαλής πρόσβαση στην ακτή όχι μόνο για άτομα με ειδικές ανάγκες αλλά και για περίπτωση έκτακτου περιστατικού. ⁽¹⁶⁾

Φυσικά έχουν προβλεφθεί και περιπτώσεις στις οποίες μια ακτή βραβευμένη με γαλάζια σημαία μπορεί να υποστεί ζημιές ή μπορεί να μην πληροί από ένα σημείο και μετά τις απαραίτητες προϋποθέσεις, οπότε η γαλάζια σημαία αποσύρεται μόνιμα ή προσωρινά. Οι μη συμμορφώσεις χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με το βαθμό σημαντικότητας ενώ έχουν και τα ανάλογα αποτελέσματα.

- Μη συμμορφώσεις ήσσονος σημασίας, δηλαδή δεν δημιουργούν σοβαρό πρόβλημα στην ασφάλεια και την υγεία των λουόμενων. Η σημαία μπορεί να παραμείνει στην ακτή υπό την προϋπόθεση ότι το πρόβλημα θα αποκατασταθεί.
- Πολλαπλές μη συμμορφώσεις, που περιλαμβάνει την αθέτηση έως και τριών κριτηρίων τα οποία όμως δεν θέτουν σε κίνδυνο την υγεία και την ασφάλεια του κοινού και του περιβάλλοντος. Δίνεται μικρή προθεσμία για συμμόρφωση με τις απαιτήσεις και την επιστροφή της σημαίας.
- Σημαντικές μη συμμορφώσεις, οι οποίες οδηγούν σε υποβάθμιση του περιβάλλοντος ή σε κίνδυνο της υγείας και ασφάλειας των πολιτών οπότε και αίρεται η γαλάζια σημαία για το υπόλοιπο της κολυμβητικής περιόδου.

Υπεύθυνος για τη διαδικασία της επίβλεψης και παρακολούθησης των κριτηρίων, της απονομής της γαλάζιας σημαίας αλλά και της απόσυρσής της είναι ο εκάστοτε εθνικός χειριστής που συνήθως αποτελείται από μια επιτροπή. Στην Ελλάδα η Επιτροπή αυτή αποτελείται από εκπροσώπους πέντε Υπουργείων, του Ελληνικού Οργανισμού Τουρισμού (ΕΟΤ), της Κεντρικής Ένωσης Δήμων και Κοινοτήτων (ΚΕΔΚΕ) και της Ελληνικής Εταιρίας Προστασίας της Φύσης (ΕΕΠΦ). Την τελική απόφαση λαμβάνει η Διεθνής Επιτροπή Κρίσεων, στην οποία συμμετέχουν εκπρόσωποι του Προγράμματος Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Εθνών (UNEP), του Παγκοσμίου Οργανισμού Τουρισμού (WTO), της Παγκόσμιας Ομοσπονδίας Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Προστασία των Ακτών (EUCC) και του Διοικητικού Συμβουλίου του FEE. ^(14,16)

Η «Γαλάζια Σημαία» αποτελεί το διασημότερο περιβαλλοντικό σήμα στον κόσμο και ήταν από τις πρώτες δράσεις που οργανώθηκαν για τη διασφάλιση της ποιότητας των υδάτινων οικοσυστημάτων αλλά κυρίως την διασφάλιση της υγείας του ανθρώπου όταν αυτός έρχεται σε επαφή με τα νερά κολύμβησης. Το πρόγραμμα στοχεύει στην αύξηση της ευαισθητοποίησης του κοινού σε θέματα γενικότερα του περιβάλλοντος και ειδικότερα του θαλάσσιου και παράκτιου οικοσυστήματος και την εκμάθηση ορθών συμπεριφορών που θα οδηγήσουν σε αειφορία, υγιές περιβάλλον και μέσα από αυτό στην έμμεση βελτίωση της ανθρώπινης υγείας.

ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Η τεχνοκρατική αντίληψη που επικρατεί ως προς τη διαχείριση των υδατικών -και όχι μόνο- πόρων αποτελεί βασικό παράγοντα της κατάστασης στην οποία βρίσκονται τα επιφανειακά νερά στην Ελλάδα. Και αυτό διότι στο βωμό της τεχνολογικής και οικονομικής ανάπτυξης εκμεταλλευόμαστε κάθε δυνατό πόρο προς την κατεύθυνση αυτή. Έτσι χρειάστηκαν χρόνια έως ότου η ρύπανση να γίνει αντιληπτή και μετρήσιμη και να αποφασιστεί η υιοθέτηση διαφορετικής αντίληψης και πρακτικών προκειμένου να αναστραφεί το πρόβλημα.

Είναι προφανές ότι με την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης τα ποτάμια ξεκίνησαν σταδιακά να επιβαρύνονται με αποικοδομούμενα οργανικά λύματα, ενώ η επακόλουθη συνεχής ανάπτυξη της τεχνολογίας, οδήγησε σε ανεπίστρεπτα αποτελέσματα όσον αφορά την ποιότητα και συνεπώς την ποσότητα του νερού. Η εγκατάσταση βιολογικών σταθμών επεξεργασίας λυμάτων ήταν μια καλή λύση στο πρόβλημα αφού σταδιακά μειώθηκε η ρύπανση, εμφανίστηκαν όμως καινούρια προβλήματα όπως είναι ο ευτροφισμός, που έχει τις ρίζες του στα χημικά που χρησιμοποιούνταν στη γεωργία. Και πάλι η λύση βρέθηκε με δημιουργία λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων χαμηλών σε φωσφορικά και νιτρικά ιόντα, η αποκατάσταση όμως των αποδεκτών απαιτεί μεγάλο χρόνο μέχρι να έρθουν στην αρχική τους κατάσταση. Στη συνέχεια παρουσιάζεται καινούριο πρόβλημα, αυτό της βιοσυσώρευσης, το οποίο προκαλείται από την παρουσία βαρέων μετάλλων στο σύστημα τα οποία έχουν την ιδιότητα να συσσωρεύονται στους οργανισμούς όσο ανεβαίνουμε στην πυραμίδα της τροφικής αλυσίδας. Συνεπώς υπήρχε μεγάλη επιρροή στην υγεία του ανθρώπου και τα μέτρα πρόληψης και αποκατάστασης στόχευαν στην πηγή του προβλήματος. Ακολουθως, εμφανίζονται οι συνθετικές ουσίες οι οποίες βρήκαν χρήση σε κάθε αντικείμενο που μας περιβάλλει και αποδείχθηκαν επιβλαβής για το περιβάλλον, ιδιαίτερα όταν υπήρχαν τόσο σε επιφανειακά όσο και σε υπόγεια νερά.

Φυσικά, τα προβλήματα δεν σταματούν εκεί αφού η καύση ορυκτών καυσίμων και η μεταφορά των αέριων ρύπων μέσω της ατμόσφαιρας έχει συμβάλει σημαντικά στην υποβάθμιση της ποιότητας των επιφανειακών υδάτων. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η όξινη βροχή, το λιώσιμο των πάγων, η αστικοποίηση και η ερημοποίηση αντιστοίχως, όλα έχουν οδηγήσει στην κατάσταση αυτή που βρισκόμαστε σήμερα. Το πρόβλημα πλέον δεν αποτελεί υπόθεση των επιστημόνων αλλά μετατράπηκε σε εθνικό και παγκόσμιο ζήτημα ενώ έχουν θεσμοθετηθεί κρατικοί οργανισμοί για την επίβλεψη της κατάστασης των υδάτινων αποδεκτών. Στην Ευρώπη συγκεκριμένα έχουν εγκατασταθεί 126 σταθμοί σε μεγάλα ποτάμια, οι οποίοι μετρούν 19 δείκτες ποιότητας υδάτων συμπεριλαμβάνοντας φυσικές, χημικές, μικροβιολογικές και βιολογικές παραμέτρους.⁽¹⁷⁾

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Φτάνοντας λοιπόν στο παρόν γνωρίζουμε πλέον ότι η υπερκατανάλωση χρόνων έχει οδηγήσει σε έλλειψη υδάτων λόγω κακής ποιότητας και όχι λόγω έλλειψης ποσότητας ενώ προβλέπεται στο άμεσο μέλλον η ζήτηση για νερό να αυξηθεί, ή ακόμη και να ξεπεράσει κατά 50% την προσφορά του, κυρίως στις ανεπτυγμένες χώρες. Η ανομοιόμορφη κατανομή των κατακρημνισμάτων μαζί με την αλόγιστη χρήση του νερού οδηγούν στο παραπάνω πρόβλημα ποσότητας. Το μεγαλύτερο μέρος των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων καταναλώνεται στον κλάδο της γεωργίας σε ποσοστό 86%, ακολουθεί η κατανάλωση για αστική χρήση με ποσοστό περίπου 16% και τέλος ο κλάδος της βιομηχανίας που καταναλώνει ποσότητα νερού μικρότερη από 4-5%. Αξίζει να

σημειωθεί ακόμη, πως στην Ελλάδα δεν υπάρχει επαρκές δίκτυο παρακολούθησης της ποιότητας και της ποσότητας των υδάτινων λεκανών.⁽¹⁸⁾

Σύμφωνα με έρευνα του προγράμματος ENSEMBLES, μέχρι το 2030 η Ελλάδα θα έχει τουλάχιστον 25% μείωση στους υπάρχοντες υδατικούς πόρους, ενώ ήδη από το 2005 κατατάσσεται στην τελευταία κλίμακα της ευρωζώνης όσον αφορά τη διαθεσιμότητα νερού, με εξαίρεση την οροσειρά της Πίνδου. Στην κορυφή της λίστας κατανάλωσης νερού βρίσκεται η Αττική και ακολουθούν η κεντρική Ελλάδα, τα νησιά του Αιγαίου, η Εύβοια και η ανατολική Πελοπόννησος ενώ χαμηλή κατανάλωση έχουν σε Δυτική Μακεδονία, Θεσσαλία και Κρήτη. Πολύ σημαντικό ρόλο στην μείωση του υδατικού δυναμικού παίζει το γεγονός ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των βροχοπτώσεων και χιονοπτώσεων εμφανίζεται το δίμηνο Ιανουάριος-Φεβρουάριος με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μέρος αυτού του νερού να μένει ανεκμετάλλευτο.⁽¹⁹⁾

ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Αναφερόμενοι σε διάφορες ακτές που βρέχει η Μεσόγειος μπορούμε ενδεικτικά να αναφέρουμε τον κόλπο του Βλόρα και των Αγίων Σαράντα οι οποίοι είναι περιβαλλοντικά υποβαθμισμένοι και ιδιαίτερα ο πρώτος ο οποίος αντιμετωπίζει ιδιαίτερο πρόβλημα με εκτεταμένη μόλυνση από υδράργυρο. Στην Κροατία λόγω της αύξησης του τουρισμού παρατηρείται ευτροφισμός και υποβάθμιση των υδάτων στον κόλπο της Καστέλας στο Σπλιτ και στην επαρχία Πριμόρσκο-Γκοράνσκα. Στη Σερβία-Μαυροβούνιο η πλειονότητα των ακτών παρουσιάζει πολύ αυξημένο μικροβιολογικό φορτίο και ευτροφισμό εξαιτίας της έλλειψης βιολογικών καθαρισμών. Τα παράλια της Τουρκίας και ιδιαίτερα ο κόλπος της Σμύρνης δέχονται βιομηχανικά απόβλητα και θρεπτικά συστατικά από τους 2 ποταμούς που εκβάλλουν εκεί με αποτέλεσμα τον ευτροφισμό και την υποβάθμιση. Η Κύπρος αντιμετωπίζει προβλήματα κυρίως λόγω της υπέρμετρης αστικοποίησης και του τουρισμού στους κόλπους της Λεμεσού, του Λιόπετρου, της Αγίας Νάπας και του Βασιλικού.⁽²⁰⁾

Στην Ελλάδα το πρόβλημα της ρύπανσης εντοπίζεται κυρίως σε κλειστούς κόλπους όπως είναι ο Ευβοϊκός, ο Πατραϊκός, ο Θερμαϊκός, ο Παγασητικός, ο Αμβρακικός, ο Αργολικός κόλπος κλπ. Και φυσικά στα λιμάνια, ενώ δεν εξαιρούνται από το χάρτη και τα νησιά του Αιγαίου, τα οποία λόγω γεωμορφολογίας ευνοούν την μεγάλη επιφανειακή απορροή αλλά όχι τη διήθηση, με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται φερτές ύλες στη θάλασσα. Πέρα από τα νησιά του Αιγαίου βέβαια, προβλήματα παρουσιάζονται και στα υπόλοιπα νησιά της Ελλάδας λόγω της εποχιακής αύξησης του πληθυσμού και της έλλειψης κατάλληλων υποδομών τα οποία οδηγούν σε αδυναμία διαχείρισης της παραγωγής και διάθεσης λυμάτων. Ακόμη, επιρροή φαίνεται να έχουν οι γεωργοκτηνοτροφικές και βιομηχανικές μονάδες αλλά και η μη ορθολογική χρήση του νερού σε γενικότερο πλαίσιο. Τα λιμάνια, αλλά και οι ανοιχτές θάλασσες επηρεάζονται έντονα από τις συνεχώς αυξανόμενες θαλάσσιες μεταφορές, με διάθεση ακάθαρτων νερών από τα αμπάρια των πλοίων, λύματα και πετρελαιοειδής απορρίψεις. Σε μία αναφορά του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, Αιγαίου και Νησιωτικής Πολιτικής που διεξάχθηκε από την Διεύθυνση Προστασίας Θαλάσσιου Περιβάλλοντος, σημειώθηκε ότι το 2005 υπήρξαν 249 περιστατικά ρύπανσης σε ελληνικά ύδατα. Στο 47% αυτών των περιπτώσεων, το ρυπαντικό φορτίο (λύματα, αποθέσεις μπαζών, αποθέσεις πετρελαιοειδών μιγμάτων) προερχόταν από πλοία και το υπόλοιπο ποσοστό από χερσαίες πηγές.⁽²¹⁾

Στην Ελλάδα πιο συγκεκριμένα, έχουν υπάρξει διάφορες έρευνες που αποδεικνύουν την υποβάθμιση των υδάτων. Σύμφωνα με την Εταιρεία Ευβοϊκών Σπουδών, από το 1987 ακόμη, είχε εμφανιστεί πρόβλημα στον Ευβοϊκό κόλπο και συγκεκριμένα στις ακτές Ωρωπού, Μαραθώνα, Πόρτο Ράφτη, Ραφήνας και Σουνίου. Βρέθηκε ότι η ποσότητα του μικροβιολογικού φορτίου, ξεπερνάει τα επιτρεπτά όρια ιδιαίτερα τους μήνες Μάιο-Σεπτέμβριο όπου η προσέλευση παραθεριστών είναι μεγάλη. Ακόμη, παρατηρήθηκε ότι η συγκέντρωση βαρέων μετάλλων (χαλκός, μόλυβδος, ψευδάργυρος) είναι αυξημένη κατά 4 με 6 φορές πάνω από το επιτρεπτό όριο, υποδεικνύοντας τον αργό ρυθμό ανανέωσης των υδάτων στον κόλπο και συνεπώς την δυσκολία βελτίωσης της κατάστασης.⁽²²⁾

Η πολύπλοκη κυκλοφορία των υδάτων του Σαρωνικού κόλπου έχει συμβάλει στο να κατηγοριοποιηθεί σε 4 υδατικά διαμερίσματα ορισμένα εκ των οποίων έχουν χαρακτηριστεί βαριά ρυπασμένα σε αντίθεση με άλλα που θεωρούνται καλύτερης ποιότητας.⁽²³⁾ Ο έσω Σαρωνικός είναι το διαμέρισμα το οποίο δέχεται όλη την επιβάρυνση του λεκανοπεδίου της Αττικής παρουσιάζοντας αυξημένες τιμές θρεπτικών συστατικών και χαρακτηρίζεται ευτροφικός. Ο έξω Σαρωνικός είναι oligοτροφικός δεχόμενος πολύ μικρές επιβαρύνσεις, ενώ ο δυτικός Σαρωνικός θεωρείται mesοτροφικός, είναι δηλαδή μια ενδιάμεση κατάσταση. Τέλος το κομμάτι του Σαρωνικού που περιβάλλει τον κόλπο της Ελευσίνας χαρακτηρίζεται υπετροφικό, με χαμηλή ανανέωση υδάτων και πολύ αυξημένο ρυπαντικό φορτίο (κυρίως βαρέων μετάλλων) που προέρχεται τόσο από τα αστικά λύματα της περιοχής όσο και από τα βιομηχανικά απόβλητα που παράγονται από τις πάνω από 1000 βιομηχανικές εγκαταστάσεις που βρίσκονται εκεί. Στο σημείο αυτό παρατηρούνται ανοξικές συνθήκες, αδυναμία ανάπτυξης οργανισμών και κατά τους καλοκαιρινούς μήνες κυρίως, μαζικοί θάνατοι ψαριών που έχουν δραματικές συνέπειες στην βιοποικιλότητα της περιοχής.⁽²³⁾ Η προαναφερθείσα κατάσταση άρχισε να βελτιώνεται από το 2004 και μετά με την έναρξη λειτουργίας της κατεργασίας λυμάτων στην Ψυττάλεια η οποία έχει πάνω από 95% δυναμικότητα καθαρισμού.⁽²¹⁾

Όσον αφορά τον Θερμαϊκό κόλπο⁽²⁴⁾, η ρύπανση και εκεί φαίνεται να είναι μεγάλη. Οι πιέσεις που δέχονται τα ύδατα τόσο από την αστική ζώνη όσο και από τη βιομηχανία και τη γεωργία της ευρύτερης περιοχής έχουν κάνει τον βυθό και τα ύδατα του Θερμαϊκού να περιέχουν λεπτόκοκκα ιζήματα (διαλυμένα στερεά κλπ.). Μεγάλες συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα, βαρέων μετάλλων και θρεπτικών συστατικών έχουν μετατρέψει τον υδάτινο αυτό όγκο σε ευτροφικό και βαριά ρυπασμένο με αποτέλεσμα την καταστροφή της τοπικής βιοποικιλότητας.⁽²⁴⁾

Στον κόλπο της Πάτρας παρατηρήθηκαν γενικές γραμμές φυσιολογικές τιμές pH με εξαίρεση μεμονωμένα σημεία τα οποία παρουσίασαν ακραίες τιμές pH ($\approx 6,6$ και ≈ 9) χωρίς αυτό να συνεπάγεται την υποβαθμισμένη ποιότητα του υδάτινου όγκου.⁽¹¹⁾ Σύμφωνα με άλλη μελέτη του Πανεπιστημίου Πατρών, αυξημένες συγκριτικά τιμές φωσφορικών ιόντων εντοπίζονται σε εκβολές ποταμών και κατά βάση την χειμερινή περίοδο όπου οι επιφανειακές απορροές είναι αυξημένες, καθιστώντας το ευρύτερο υδάτινο περιβάλλον ευτροφικό. Παρατηρείται αραιωμένο στερεό υλικό που αυξάνει τη θολότητα ως αποτέλεσμα της ανάπτυξης αλγών. Ακόμη, εμφανίζεται αυξημένο COD, ως αποτέλεσμα της τήξης του χιονιού το οποίο συμπαρασύρει οργανική ύλη και ρύπους.⁽²⁵⁾

Σε μελέτη που έχει γίνει από το Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης στο λιμάνι Νέων Μουδανιών Χαλκιδικής, το οποίο λειτουργικά και μορφολογικά συμπίπτει με το λιμάνι του Πλατανιά που μελετάται στην παρούσα πτυχιακή, βρέθηκαν οριακά ανοξικές συνθήκες και ιδιαίτερα ψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών, αμμωνιακών και φωσφορικών ιόντων.⁽²⁶⁾ Σε άλλη μελέτη που έγινε για τον κόλπο της Καβάλας βρέθηκαν αυξημένες τιμές φωσφόρου (της τάξης των 1,75μM), προερχόμενα πιθανώς από την Βιομηχανία Φωσφορικών Λιπασμάτων και τους βιολογικούς καθαρισμούς της περιοχής.⁽²⁷⁾

Αυξημένη συγκέντρωση θρεπτικών συστατικών παρουσιάζεται τόσο στον Παγασητικό⁽²⁸⁾ όσο και στον Αμβρακικό κόλπο⁽²⁹⁾. Στον πρώτο έχουν έντονη παρουσία τα blooms (τοξικά άλγη) εξαιτίας των ευτροφικών συνθηκών, με συνέπειες στην αλιεία και τον τουρισμό της περιοχής⁽²⁸⁾, ενώ στον δεύτερο κόλπο είναι έντονο το φαινόμενο του ευτροφισμού στο δυτικό τμήμα και στον Όρμο της Πρέβεζας όπου εκβάλλουν οι ποταμοί Λούρος και Αραχθός.⁽²⁹⁾

➤ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΣΤΟΝ ΝΟΜΟ ΧΑΝΙΩΝ

Σε παλαιότερη μελέτη που έχει γίνει στο νομό Χανίων⁽³⁰⁾ και συγκεκριμένα στον ενετικό λιμένα, οι τιμές αλατότητας, θερμοκρασίας και pH κυμαίνονται σε φυσιολογικά επίπεδα σε αντίθεση με το διαλυμένο οξυγόνο το οποίο εποχιακά παρουσιάζει αύξηση υποδηλώνοντας μείωση οργανικού φορτίου και αυξημένη φωτοσύνθεση. Σε γενικές γραμμές το λιμάνι εμφανίζει καλή κατάσταση με τις συγκεντρώσεις των παραμέτρων όμως, να είναι αρκετά μεγαλύτερες από αυτές ανοιχτών θαλασσών.⁽³⁰⁾

Όσον αφορά το λιμάνι της Σούδας το οποίο μελετήθηκε από το Πανεπιστήμιο Αθηνών⁽³¹⁾, βρέθηκε ότι δέχεται έντονες πιέσεις από ανθρωπογενείς δραστηριότητες με συνέπεια την περιβαλλοντική του υποβάθμιση. Πιο συγκεκριμένα, οι τιμές αλατότητας, θερμοκρασίας, διαλυμένου οξυγόνου και pH είναι σε φυσιολογικές τιμές. Τα θρεπτικά συστατικά (κυρίως τα νιτρικά, έπειτα τα αμμωνιακά και τέλος τα φωσφορικά ιόντα) είναι αυξημένα λόγω της εκβολής ποταμού στο λιμάνι (Μορώνης) και λόγω των ιχθυοκαλλιεργειών και των λιμενικών εγκαταστάσεων. Ακόμη, στις εκβολές του ποταμού παρατηρήθηκε ρύπανση από βαρέα μέταλλα (Cu, Zn, Pb, Ni).⁽³¹⁾

Σε άλλη μελέτη που επικεντρώνεται τόσο στο λιμάνι της Σούδας όσο και στον ενετικό λιμένα Χανίων⁽⁹⁾, έχουν βρεθεί αυξημένες τιμές διαλυμένου οξυγόνου το χειμώνα υποδεικνύοντας διεργασίες ευτροφισμού, ενώ αυξημένες ήταν και οι τιμές των θρεπτικών συστατικών, κυρίως κατά τη χειμερινή περίοδο, πιθανώς λόγω της μεγαλύτερης ποσότητας και συχνότητας επιφανειακών απορροών. Και τα δύο λιμάνια αντιμετώπιζαν αρκετά έντονη μικροβιολογική μόλυνση πιθανότατα από παλιούς αγωγούς αποχέτευσης οι οποίοι συνεχίζουν να εκβάλλουν στα λιμάνια αντίστοιχα. Παρόλα αυτά, σε γενικές γραμμές η ποιότητα των υδάτων των λιμένων βρίσκεται σε καλή κατάσταση με μικρές αποκλίσεις όσον αφορά το μικροβιολογικό φορτίο και τα θρεπτικά συστατικά που μπορούν να δημιουργήσουν το φαινόμενο του ευτροφισμού.⁽⁹⁾

Σύμφωνα με μικροβιολογική ανάλυση από το Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών & Εδαφικών Πόρων του ΤΕΙ Κρήτης⁽³²⁾, οι ακτές του νομού Χανίων φάνηκε να είναι σε καλή κατάσταση πληρώντας τις απαιτήσεις της ισχύουσας νομοθεσίας, με μεμονωμένες μη συμβατές μετρήσεις. Παρατηρήθηκε την κολυμβητική σεζόν 2014, ότι σε ορισμένες περιπτώσεις το διαλυμένο οξυγόνο ήταν αρκετά χαμηλό, ενώ το μικροβιολογικό φορτίο αυξημένο, υποδεικνύοντας οργανικές ουσίες πιθανώς από διάθεση λυμάτων.⁽³²⁾

Σε πιο πρόσφατη μελέτη από το Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών & Εδαφικών Πόρων του ΤΕΙ Κρήτης σε ποτάμια του νομού Χανίων που καταλήγουν σε ακτές⁽³³⁾, βρέθηκε αρκετά υψηλό μικροβιολογικό φορτίο πιθανότατα από ανθρώπινα ή κτηνοτροφικά απόβλητα και λύματα. Στην ίδια μελέτη μετρήσεις που έγιναν στην Νέα Χώρα (όπου και καταλήγει ο Κλαδισός ποταμός) έδειξαν αυξημένο μικροβιολογικό φορτίο και ιδιαίτερα τα E-coli και τον εντερόκοκκο, ενώ παρουσιάζεται και μία απότομη αύξηση των φωσφορικών ιόντων σε κρίσιμη τιμή, η οποία όμως είναι μεμονωμένη.⁽³³⁾

Η ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΠΟΥ ΔΙΕΠΕΙ ΤΟΥΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ

Όλα τα παραπάνω οδήγησαν -αν και καθυστερημένα- στη θέσπιση νομοθεσίας και τη λήψη μέτρων που προστατεύουν τους υδατικούς πόρους και καθορίζουν αυστηρά όρια στην ποιότητα του νερού ανάλογα με τη χρήση για την οποία προορίζεται. Η νομοθεσία αυτή εφαρμόζεται σε όλα τα ανεπτυγμένα κράτη με διάφορες παραλλαγές, θέτει στόχους και ελάχιστα πρότυπα παρακολούθησης και διαχείρισης ακτών, λυμάτων και των φαινομένων που αναπτύσσονται λόγω κακής χρήσης.

Από το 1980 ήδη, ψηφίζονται στη βουλή οι πρώτοι νόμοι (1650/86 και 1739/87) που αφορούν τη διαχείριση και αντιμετώπιση της υδατικής ρύπανσης ενώ εισάγουν το νερό ως μέρος του περιβάλλοντος. Παρόλο που θεσπίστηκαν κανόνες προκειμένου να επιβλέπεται και να ελέγχεται η ποιότητα των υδάτων και για πρώτη φορά οι εμπλεκόμενοι φορείς απέκτησαν σαφής αρμοδιότητες, οδηγίες και διαδικασίες μέσω των οποίων θα έφταναν στο στόχο, ο κρατικός μηχανισμός τελικά δεν κατάφερε να εφαρμόσει αποτελεσματικά τον νόμο.⁽¹⁹⁾ Η έλλειψη συντονισμού, ομαδικότητας και συνεργασίας μεταξύ των φορέων στάθηκε τροχοπέδη, μέχρι το 2000 όπου θεσπίστηκε η πρώτη Ευρωπαϊκή Οδηγία-Πλαίσιο (2000/60/EK) που αφορά την πολιτική που πρέπει να ακολουθείται στον τομέα των υδάτων. Στη συνέχεια το 2003 ήρθε ο νόμος 3199/2003 να εναρμονίσει την ελληνική νομοθεσία με την παραπάνω οδηγία και παράλληλα προγραμματίστηκαν Σχέδια Διαχείρισης Υδάτων (ΣΔΥ) τα οποία ξεκίνησαν να υλοποιούνται το 2010 και ολοκληρώθηκαν τέσσερα χρόνια μετά.

Παρόλο που το πλαίσιο 2000/60/EK υιοθετήθηκε σχεδόν καθολικά από τις χώρες της Ευρωπαϊκής ένωσης και ξεκίνησε να εφαρμόζεται το 2003 μετά την έκδοση του αντίστοιχου νόμου για την κάθε χώρα ξεχωριστά, αυτό δεν ίσχυσε και για την Ελλάδα. Η καθυστερημένη εφαρμογή της οδηγίας λόγω μη έκδοσης όλων των εκτελεστικών διατάξεων οδήγησε την Ελλάδα στο Δικαστήριο των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων (ΔΕΚ). Τελικά το 2007 λίγο πριν βγει η απόφαση του ΔΕΚ το απαραίτητο προεδρικό διάταγμα που έλλειπε από τον χάρτη για την υιοθέτηση της οδηγίας εκδόθηκε και έτσι ξεκίνησαν όλες οι προβλεπόμενες διαδικασίες.

Η ένταξη του θεσμικού πλαισίου σχετικά με την ορθή και αειφορική διαχείριση των υδάτων στο ελληνικό δίκαιο ήταν το πρώτο βήμα προς τον εκσυγχρονισμό των συστημάτων διαχείρισης και την αναγνώριση της αναγκαιότητας για αειφορική χρήση. Στα σχέδια διαχείρισης συμπεριλήφθηκαν όλες οι απαραίτητες ενέργειες για την προστασία κάθε είδους υδατικού πόρου (υπόγεια, επιφανειακά νερά, παράκτια, εκβολές κ.λπ.) για τη μείωση ή την πρόληψη της ρύπανσης και των επιπτώσεων από φαινόμενα πλημμύρας, ξηρασίας κ.λπ.

Σε συνέχεια των παραπάνω δράσεων ήρθαν πολλές οδηγίες, καθεμιά από αυτές με διαφορετικό στόχο:

1. (75/440): Ποιότητα υδάτων από άντληση επιφανειακού νερού

2. (80/778): Ποιότητα πόσιμου νερού
3. (73/404): Ρύπανση από απορρυπαντικά
4. (76/464): Έκχυση επικίνδυνων ουσιών στο υδάτινο περιβάλλον
5. (79/923, 2006/113): Ποιότητα νερών για τη διαβίωση των οστρακοειδών
6. (78/659): Διατήρηση της ζωής των ψαριών
7. (80/68, 2006/118): Προστασία των υπόγειων νερών
8. (91/676): Προστασία υδάτων από τη νιτρορύπανση

Ειδικότερα οι διατάξεις που περιλαμβάνονται στο θεσμικό πλαίσιο 3199/2000 αφορούν:

1. ΚΥΑ Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 829Β/ 11.7.2001): Την ποιότητα του πόσιμου νερού σύμφωνα με την οδηγία 98/83
2. ΚΥΑ 46399/1352/1988 (ΦΕΚ 438Β/ 3.7.1988): Την κατ' ελάχιστο απαιτούμενη ποιότητα των υδάτων όσων αφορά τα νερά που προορίζονται για πόση, για κολύμβηση, για διαβίωση ψαριών σε γλυκά νερά, για καλλιέργεια και αλιεία οστρακοειδών, όπως επίσης και τις μεθόδους προσδιορισμού της ανωτέρας ποιότητας και τη συχνότητα και τον τρόπο δειγματοληψίας όπως ορίζεται από τις οδηγίες 75/440, 76/160, 78/659, 79/923, 79/869.
3. ΥΔ Γ3α/761 (ΦΕΚ189Β/ 10.4.1968): Την ποιότητα των πόσιμων υδάτων όπως ισχύουν μετά την εφαρμογή της ΚΥΑ Υ2/2600/2001 όπου καταργήθηκαν τα άρθρα 4, 5 και 6.
4. ΥΔ 5673/ 4.12.1957 (ΦΕΚ 5Β/ 9.1.1958): Για την απολύμανση των υδάτων που προορίζονται για πόση.⁽¹⁸⁾

Εκτός των παραπάνω υπάρχουν περαιτέρω οδηγίες που καθορίζουν τις ενέργειες που πρέπει να γίνονται κατά την επεξεργασία αστικών λυμάτων καθώς και κατά της ρύπανσης των εδαφών και της ατμόσφαιρας, μιας και όλα αυτά καταλήγουν να επηρεάζουν την ποιότητα των υδάτων. Για παράδειγμα, σχετικά με την επεξεργασία αστικών λυμάτων έχει απαγορευτεί η απόρριψη ιλύος στη θάλασσα, έχει θεσπιστεί σαφές χρονοδιάγραμμα για την περισυλλογή και επεξεργασία των λυμάτων ενώ και η απόρριψή τους πρέπει να γίνεται πλέον σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους. Σχετικά με τη ρύπανση των εδαφών, έχουν θεσπιστεί κώδικες ορθών γεωργικών πρακτικών οι οποίες αποτρέπουν τους καλλιεργητές από τη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων τα οποία συνήθως δημιουργούν νιτρορύπανση των υδάτων επομένως και ευτροφισμό. Κατά τον ίδιο τρόπο έχει θεσπιστεί και οδηγία αναφορικά με τα φωσφορικά άλατα που υπάρχουν στα απορρυπαντικά και καταλήγουν συνήθως σε κάποιον υδάτινο αποδέκτη.

Όσων αφορά τα νερά κολύμβησης, ενώ μετρούνται αρκετές παράμετροι για την ανάδειξη της ποιότητας των κολυμβητικών υδάτων, η έμφαση δίνεται κυρίως στο μικροβιολογικό φορτίο το οποίο δύναται να προκαλέσει λοιμώξεις στον άνθρωπο. Έτσι, ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε τα όρια που έχουν θεσπιστεί από την Ελληνική νομοθεσία για το μικροβιολογικό φορτίο στα νερά κολύμβησης (πίνακας 1).

Πίνακας 1: Όρια ποιότητας μικροβιολογικού φορτίου όπως έχουν οριστεί από την ελληνική νομοθεσία για νερά κολύμβησης (ΚΥΑ 46399/152/1986)

α/α	Μικροβιολογικοί παράμετροι	Επιθυμητό όριο	Ανώτατο επιτρεπτό όριο
1	Ολικά κολοβακτηροειδή/100ml	500	10.000
2	Κοπρανώδη κολοβακτηροειδή/100ml	100	500
3	Εντερόκοκκου/100ml	100	-
4	Εντεροϊοί PFU/10lt	-	0
5	Σαλμονέλα/1lt	-	0

Πιο συγκεκριμένα η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης 2006/7/ΕΚ θεσπίζει τους εντερόκοκκους και τα κολοβακτηροειδή ως βασικές παραμέτρους ανάλυσης, μιας και αποτελούν τους πιο χρήσιμους δείκτες αξιολόγησης της ποιότητας των υδάτων. Τα κράτη μέλη που έχουν υιοθετήσει την οδηγία είναι υποχρεωμένα να επιτηρούν και να αξιολογούν τα ύδατα, ενώ στο τέλος της κολυμβητικής περιόδου κατηγοριοποιούνται ως νερά ανεπαρκούς, επαρκούς, καλής και εξαιρετικής ποιότητας με βάση την αξιολόγηση που έχουν πάρει (πίνακας 2.). Η αξιολόγηση πρέπει να συνοδεύεται και από μια περιγραφή της ευρύτερης περιοχής, τις πιθανές πηγές ρύπανσης καθώς και τις ακριβείς θέσεις των δειγματοληψιών.⁽³⁴⁾

Πίνακας 2: Όρια αξιολόγησης ποιότητας παράκτιων υδάτων βάση της Οδηγίας 2006/7/ΕΚ (Ε.Υ.2006)

α/α	Παράμετρος	Εξαιρετική ποιότητα	Καλή ποιότητα	Επαρκής ποιότητα
1	Εντερόκοκκοι(cfu/100ml)	100	200	185
2	Κολοβακτηροειδή(cfu/100ml)	250	500	500

3 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΘΑΛΑΣΣΙΝΟΥ ΝΕΡΟΥ

ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Είναι αυτές οι παράμετροι που εδώ και αιώνες χρησιμοποίησαν οι άνθρωποι εμπειρικά και μόνο ούτως ώστε να αποφεύγουν τοξικές ή επικίνδυνες για την υγεία τους τροφές και νερά. Ανεξαρτήτως των ουσιών που δημιουργούν οσμή, γεύση, χρώμα ή θολερότητα, οι παραπάνω παράμετροι μας βοηθούν να κατατάξουμε τα νερά σε κατηγορίες χρήσεων όπως πόσιμα νερά, νερά αναψυχής, νερά διαβίωσης ψαριών κλπ. ⁽⁶⁾

➤ ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ

Ως θολότητα ή θολερότητα εννοούμε την απουσία διαύγειας και καθαρότητας σε ένα δείγμα νερού που προκαλείται από τα διάφορα διαλυμένα στερεά οργανικού και ανόργανου υλικού (αιωρούμενα ή κολλοειδή). ⁽⁶⁾ Μέχρι και τις αρχές του 20^{ου} οπότε και ανακαλύφθηκε το πρώτο όργανο μέτρησης της θολερότητας, δεν είχε γίνει καμία προσπάθεια προσδιορισμού της παραμέτρου. Το όργανο αυτό με όνομα διαφανόμετρο δημιουργήθηκε από τους Whipple και Jackson σε μονάδες μέτρησης ύψους στήλης νερού (JTU), ενώ η μετέπειτα ονομασία της συσκευής άλλαξε σε Jackson Candle Turbidimeter η οποία αποτέλεσε και την πρότυπη μέτρηση. Σήμερα, τα όργανα αυτά έχουν εξελιχθεί και πλέον η πρότυπη μέτρηση για τις τιμές της θολερότητας γίνεται με τα νεφελομετρικά θολόμετρα.

Αυτό που προκαλεί ουσιαστικά η θολότητα είναι την αλλαγή της οπτικής συμπεριφοράς ενός δείγματος, εξασθενώντας την ευθύγραμμη μετάδοση της φωτεινής ακτινοβολίας εξαιτίας της σκέδασης και της απορρόφησης, φαινόμενα τα οποία λαμβάνουν χώρα λόγω της έντονης παρουσίας διαλυμένων στερεών στο υγρό. Ένα δείγμα αναμένεται να περιέχει διάφορα είδη σωματιδίων με ποικίλα μεγέθη και σε διαφορετικές συγκεντρώσεις για κάθε μέγεθος. Έτσι η θολότητα κάποιων δειγμάτων που έχουν την ίδια συγκέντρωση σωματιδίων μπορεί να ποικίλλει. Η θολότητα η οποία μετριέται με βάση την ένταση του σκεδαζόμενου φωτός κατά γωνία 90° C εκφράζεται σε νεφελομετρικές μονάδες θολότητας (Nephelometric turbidity units, NTU). ⁽³⁵⁾

Η παράμετρος της θολερότητας παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα θαλάσσιων και λιμναίων οικοσυστημάτων καθώς επηρεάζει τους υδρόβιους οργανισμούς και τα ποσοστά φωτοσύνθεσης, χαλώντας την ισορροπία του εκάστοτε συστήματος. Πέρα από αυτό, με βάση την τιμή της θολερότητας ενός δείγματος νερού μπορούμε να το κατατάξουμε σε κατηγορίες χρήσης (πόση, αναψυχή, κολύμβηση κ.λ.π.), οπότε καταλαβαίνουμε πόσο σημαντικός είναι ο προσδιορισμός της.

Η παράμετρος της θολότητας ως οπτική ιδιότητα μπορεί να προσδιοριστεί με δύο τρόπους, ως εξής:

- Μέτρηση με τον δίσκο του Secchi

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για τον προσδιορισμό της θολότητας σε λίμνες και την θάλασσα και δεν χρειάζεται να ληφθεί δείγμα. Ο προσδιορισμός γίνεται με βάση το βάθος στο οποίο εξαφανίζεται από το οπτικό πεδίο του παρατηρητή, ο μεταλλικός ή πλαστικός δίσκος

λευκού χρώματος, ο οποίος βυθίζεται κάθετα στην επιφάνεια του νερού. Η μέτρηση της διαφάνειας του νερού εκφράζεται σε μέτρα (m).

- Νεφελομετρία

Δείγμα προσδιορίζεται φωτομετρικά ανάλογα με την απορρόφηση ή τη σκέδαση του φωτός που προκαλούν τα στερεά που βρίσκονται στο νερό. Είναι μια πιο σύγχρονη μέθοδος προσδιορισμού της θολότητας η οποία και χρησιμοποιήθηκε κατά την εργαστηριακή ανάλυση των δειγμάτων της παρούσας πτυχιακής. Τα όργανα που χρησιμοποιούνται (νεφελόμετρα) αποτελούνται από μία πηγή φωτός, ένα ή δύο φωτοηλεκτρικούς ανιχνευτές και διάταξη ανάγνωσης της έντασης του φωτός που διέρχεται από το δείγμα. Ο βαθμός σκέδασης του φωτός, σε σχέση με ένα πρότυπο αιώρημα αναφοράς αντιστοιχεί στη θολότητα του δείγματος, που εκφράζεται σε μονάδες NTU (Nephelometric Turbidity Units). Ως αιώρημα αναφοράς, για την ρύθμιση του οργάνου, χρησιμοποιείται πρότυπο αιώρημα φορμαζίνης το οποίο αναπαράγει αρκετά πιστά την θολότητα των φυσικών νερών. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται για πόσιμα, επιφανειακά και θαλασσινά νερά. Το δείγμα προς ανάλυση δεν πρέπει να περιέχει ευμεγέθη στερεά, σωματίδια που καθιζάνουν γρήγορα, φυσαλίδες αερίων ή χρώμα. Επίσης τα εξωτερικά τοιχώματα της κυψελίδας που περιέχεται το δείγμα, πρέπει να είναι καθαρά και στεγνά προς αποφυγή σφαλμάτων των αποτελεσμάτων της μέτρησης, ενώ η κυψελίδα πρέπει να είναι γεμάτη μέχρι την εγκοπή που δείχνει και το όριο πλήρωσης. Κατά το τέλος της μέτρησης ακολουθεί σχολαστικός καθαρισμός των κυψελίδων για την εξάλειψη τυχών εναπομεινάντων κατάλοιπων. Επιπροσθέτως το νεφελόμετρο πρέπει να καθαρίζεται και να προστατεύεται από τον ήλιο, ενώ το καλιμπράρισμα είναι απαραίτητο πριν από κάθε μέτρηση. ⁽⁶⁾

Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία η τιμή της θολερότητας δεν πρέπει να ξεπερνάει τα 10mg/L.

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

➤ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η παράμετρος της θερμοκρασίας παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη μελέτη ενός υδάτινου συστήματος. Η γενικά αποδεκτή θερμοκρασία στην οποία τ αποτρέπεται η ανάπτυξη μικροοργανισμών κυμαίνεται μεταξύ 5-15°C, Από αυτή τη θερμοκρασία και πάνω τα αέρια που περιέχονται στο νερό χάνονται, αυξάνεται ο πολλαπλασιασμός των μικροοργανισμών και το νερό γίνεται ακατάλληλο για πόση. Σχετικά με το ρόλο που παίζει στη μελέτη ενός υδατικού συστήματος, έχει αποδειχτεί ότι η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί μείωση στο διαλυμένο οξυγόνο (αρχή LeChatelier) ενώ αυξάνει την ταχύτητα των χημικών αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα. Οι συνέπειες είναι καταστροφικές πολλές φορές, αφού το διαλυμένο οξυγόνο μειώνεται, δημιουργώντας αναερόβιες συνθήκες και ακατάλληλο για τη διαβίωση των ψαριών κλίμα. Σε αυτό έρχεται να προστεθεί και το γεγονός ότι το θερμό νερό το οποίο παραμένει στην επιφάνεια λόγω του ειδικού του βάρους, έχει αισθητά μικρότερη ικανότητα διάλυσης του ατμοσφαιρικού οξυγόνου εντείνοντας έτσι το πρόβλημα. ⁽³³⁾ Εκτός των παραπάνω, η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει αναλογικά τόσο την διαλυτότητα των στερεών στο νερό, όσο και την ανάπτυξη αλγών, η έντονη παρουσία των οποίων προκαλούν έντονη οσμή και γεύση. ⁽³⁶⁾ Η μέτρηση της θερμοκρασίας γίνεται με θερμομέτρα ψηφιακά ή υδραργυρικά και πάντα στο πεδίο όπου γίνεται η δειγματοληψία για να είναι η μέτρηση αντικειμενική.

➤ **TDS-ΟΛΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΕΝΑ ΣΤΕΡΕΑ**

Είναι κυρίως σωματίδια πετρωμάτων που λόγω αποσάθρωσης καταλήγουν στους υδάτινους αποδέκτες ή λόγω υγρών αποβλήτων που με τον ίδιο τρόπο ρυπαίνουν τα νερά με σωματίδια διαφορετικών διαστάσεων. Η περιεκτικότητα ενός δείγματος νερού σε στερεά διαμορφώνει παραμέτρους για την κατηγοριοποίηση των υδάτων ανάλογα τη χρήση για την οποία είναι κατάλληλο. Φυσικά, τα στερεά χωρίζονται και τα ίδια σε κατηγορίες σύμφωνα με τις οποίες καθεμιά απαιτεί διαφορετική διαδικασία απομάκρυνσής. Τα ολικά διαλυμένα στερεά περιλαμβάνουν το ποσό όλων των διαλυμένων μέσα στο νερό ουσιών με μέγεθος μικρότερο των 2μm και κυριότερη την παρουσία ανθρακικών αλάτων. Παραμένουν μετά από εξάτμιση και ξήρανση στους 180 °C.⁽⁶⁾

Όταν μιλάμε για στερεά, ουσιαστικά αναφερόμαστε σε άλατα που προέρχονται συνήθως από τα πετρώματα μέσα από τα οποία κυλάει το γλυκό νερό αλλά και στα σωματίδια που περιέχονται στα προ-επεξεργασίας αστικά λύματα (TDS=700mg/L) και στα βιομηχανικά απόβλητα (TDS=3000mg/L). Όταν πρόκειται για θαλασσινό νερό η ύπαρξη στερεών-αλάτων οφείλεται κυρίως στο χλωριούχο νάτριο, η συγκέντρωση του οποίου είναι πολύ μεγαλύτερη συγκριτικά με τα άλατα που υπάρχουν λόγω αποσάθρωσης σε γλυκά νερά, με περιεκτικότητα περίπου 0,5M. Σε περίπτωση που υπάρχει απόθεση βιομηχανικών αποβλήτων ή αστικών λυμάτων στη θάλασσα τότε η τιμή των στερεών μπορεί να φτάσει ανάλογα την αιτία και τα 30000mg/l. Η περιεκτικότητα σε άλατα είναι αυτή που προσδίδει την αλμυρότητα στα θαλάσσια νερά επομένως έχει υπάρξει κατηγοριοποίηση του νερού ανάλογα με την περιεκτικότητα των ολικώς διαλυμένων στερεών (TDS) ως εξής:

- TDS<500ppm: Κατάλληλο για πόσιμο νερό
- TDS<1000ppm: Ελαφρώς αλμυρό. Είναι αποδεκτό και πόσιμο.
- 1000<TDS<2000ppm: Μόνο σε ακραίες περιπτώσεις μπορεί να γίνει δεκτό προς οικιακή χρήση.
- 2000<TDS<10000ppm: Γλυφό νερό. Εάν καταπωθεί προκαλεί διαταραχές.
- TDS>10000ppm: Πολύ αλμυρό νερό.
- 10000<TDS<42000ppm: Θαλάσσιο και ωκεάνιο νερό.⁽³⁾

Όπως η αλατότητα, έτσι και τα στερεά εξαρτώνται κατά πολύ από την εξάτμιση και της βροχοπτώσεις, Γι' αυτό το λόγο ο αριθμός ολικώς διαλυμένων στερεών μεταβάλλεται ανάλογα την φυσική πηγή την οποία μελετάμε, παραμένει όμως σχετικά σταθερός και μη μεταβαλλόμενος σε μεγάλους υδατικούς όγκους λόγω των ισχυρών ρευμάτων που βοηθούν στην ομογενοποίηση.

➤ **ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ**

Αλατότητα ορίζεται ως η ολική ποσότητα του διαλυμένου υλικού, σε μέρη επί τοις χιλίοις κατά βάρος σε ένα κιλό θαλάσσιου νερού, όταν όλες οι ιωδιούχες και βρωμιούχες ενώσεις που περιέχονται έχουν αντικατασταθεί από ισοδύναμη ποσότητα χλωριούχων ενώσεων, όλη η ποσότητα των ανθρακικών έχει μετατραπεί σε οξειδία ενώ όλο το οργανικό υλικό έχει οξειδωθεί.⁽³⁷⁾

Πρόκειται ίσως για μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους όσον αφορά τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία και το οξυγόνο μπορούν να δώσουν πληροφορίες για τα διάφορα είδη χλωρίδας και πανίδας ενώ παίζει σημαντικό ρόλο και στα

πρώτα στάδια ανάπτυξης των ιχθυδίων. Συνήθως στο θαλασσίνο νερό η τιμή της είναι 32-37.5%. Κάτω από το όριο αυτό υπάρχει η πιθανότητα της ανάμειξης με γλυκό νερό ενώ πάνω από το όριο υποδηλώνει υψηλό ποσοστό εξάτμισης. Η κατανομή των τιμών αλατότητας σχετίζεται με της βροχοπτώσεις και την εξάτμιση επομένως επηρεάζεται από το κλίμα και την περιοχή την οποία μελετάμε. Ενδεικτικά, στην Ερυθρά θάλασσα η αλατότητα μπορεί να φτάσει έως και 43% λόγω υψηλού ποσοστού εξάτμισης και χαμηλού ποσοστού βροχοπτώσεων. ⁽⁹⁾

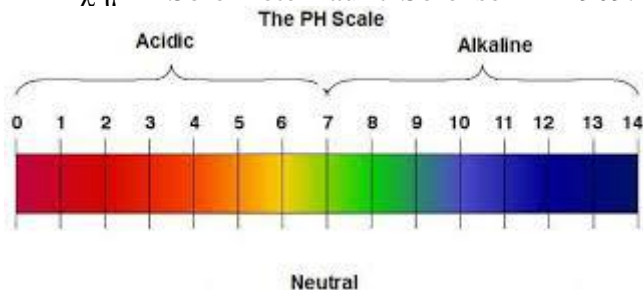
Ως προς τον προσδιορισμό της αλατότητας θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ζήρανση και ζύγιση η μέθοδος όμως δεν είναι και πολύ πρακτική μιας και υπάρχουν απώλειες συστατικών κατά την θέρμανση, επομένως και σφάλματα στην τιμή. Εναλλακτικά θα μπορούσαμε να κάνουμε μια πλήρη χημική ανάλυση για να βρούμε την τιμή της «απόλυτης αλατότητας» όμως και αυτό είναι αρκετά χρονοβόρο. Τελικά η λύση βρέθηκε και ο προσδιορισμός της γίνεται με τη βοήθεια ηλεκτροδίων όμως αυτό θα περιγραφεί παρακάτω.

Η αλατότητα των θαλασσών κυμαίνεται μεταξύ 32-37.5 ‰ και μετρείται με το ηλεκτρόδιο του αγωγιμομέτρου. Εκτός του ηλεκτροδίου η αλατότητα μπορεί να υπολογιστεί με τους εξής τρόπους:

- χημικά με την βοήθεια της χλωριότητας δηλαδή, το ποσό ιόντων χλωρίου, βρωμίου και ιωδίου (μέθοδος Mohr).
- υδρομετρική μέθοδος σύμφωνα με την οποία προσδιορίζουμε την πυκνότητα με ένα πυκνόμετρο και έπειτα μέσω πινάκων τη συσχετίζουμε με την αλατότητα. ⁽³⁷⁾

➤ **pH- ΕΝΕΡΓΟΣ ΟΞΥΤΗΤΑ**

Το pH είναι ένας εύχρηστος τρόπος έκφρασης της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου σε ένα υδατικό διάλυμα ή αλλιώς της ενεργούς οξύτητας, αλλά και πολύ σημαντικός παράγοντας για το πόσιμο νερό και τις διεργασίες βιολογικού καθαρισμού. Από τον προσδιορισμό του καθορίζονται η αποτελεσματικότητα απολύμανσης των υδάτων, η διαβρωτικότητα αλλά και η επιτυχής οξείδωση ορισμένων ενώσεων. Η έννοια και η κλίμακα του pH επινοήθηκαν από το Δανό χημικό Søren Peter Lauritz Sørensen το 1909. ⁽³⁵⁾



Εικόνα 2: Η κλίμακα του pH. Πηγή:(38)

Η κλίμακα του pH κυμαίνεται από 0 έως 14 όπως φαίνεται και στην εικόνα 2 και χρησιμοποιείται ευρέως για τον προσδιορισμό της οξύτητας ενός διαλύματος. Διαλύματα για τα οποία η τιμή του pH είναι μικρότερη από 7 ορίζονται ως όξινα κι αυτό συμβαίνει γιατί η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου είναι μεγαλύτερη από συγκέντρωση των ιόντων υδροξυλίου, σε αντίθεση με τα διαλύματα των οποίων η τιμή του pH είναι μεγαλύτερη από 7 και ονομάζονται αλκαλικά διότι η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου είναι μικρότερη από τη συγκέντρωση των ιόντων υδροξυλίου. Τέλος τα διαλύματα που έχουν pH ίσο με το 7

ονομάζονται ουδέτερα. Πιο συγκεκριμένα, pH είναι ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων H_3O^+ (εξίσωση 1) ενώ ο προσδιορισμός του γίνεται είτε χρωματομετρικά είτε ηλεκτρομετρικά.

$$pH = -\log[H^+]$$

Εξίσωση 1: Ορισμός του pH

Σε γενικές γραμμές όταν ένας υδάτινος όγκος είναι αλκαλικός τότε μπορεί να χαρακτηριστεί ως «νέος» σε ηλικία, ενώ συνήθως οι όξινοι υδάτινοι όγκοι έχουν μεγαλύτερη ηλικία και αυτό συμβαίνει διότι συσσωρεύεται οργανικό υλικό το οποίο όταν αποσυντίθεται εκκλύει CO_2 και συνεπώς κάνει τα νερά πιο όξινα. Στην περίπτωση αυτή όπου στο νερό εντοπίζεται CO_2 έχουμε το pH ισορροπίας ή αλλιώς pHs κορεσμού. Εάν $pH < pHs$ τότε το νερό έχει μεγάλη διαλυτική ικανότητα και είναι σε θέση να διαλύσει το $CaCO_3$ ενώ αν ισχύει το αντίθετο το νερό είναι κορεσμένο και εναποθέτει το $CaCO_3$.⁽¹⁰⁾

Τα φυσικά επιφανειακά νερά παίρνουν συνήθως τιμές pH 5,0-8,5, οι οποίες θεωρούνται φυσιολογικές παρά τη διαβρωτικότητα του νερού που υφίσταται για τιμές $pH < 6,5$ ενώ επιπλέον η διαβρωτικότητα σχετίζεται και με τη συγκέντρωση του CO_2 , την αλκαλικότητα, τη σκληρότητα και τη θερμοκρασία. Όσο αφορά το πόσιμο νερό το pH πρέπει απαραίτητα να είναι πάνω από 6,5 αλλά κάτω από 8,5.

Για το προσδιορισμό του pH χρησιμοποιείται η αρχή της ποτενσιομετρικής μέτρησης η οποία προσδιορίζει την ενεργότητα των ιόντων υδρογόνου σε ένα διάλυμα. Η συγκεκριμένη μέτρηση πρέπει να γίνεται άμεσα μετά τη δειγματοληψία καθώς το δείγμα τείνει να γίνεται ουδέτερο επειδή διαλυτοποιείται το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας. Για τον προσδιορισμό χρησιμοποιούνται ένα ενδεικτικό ηλεκτρόδιο και ένα ηλεκτρόδιο αναφοράς, η διαφορά δυναμικού των οποίων μας δίνει τελικά το αποτέλεσμα του pH.⁽³⁹⁾ Μεταξύ των ηλεκτροδίων και εξαιτίας της διαφοράς ενεργότητας των ιόντων υδρογόνου στο διάλυμα εντός και εκτός του γυαλιού, αναπτύσσεται δυναμικό σύμφωνα με την εξίσωση Nernst (εξίσωση 2):

$$E = E_0 + 0,059 \cdot \frac{\log((H^+ \text{ εντός του ηλεκτροδίου}))}{(H^+ \text{ εκτός του ηλεκτροδίου})}$$

Εξίσωση 2: Εξίσωση Nernst από την οποία προκύπτει η διαφορά δυναμικού που ισοδυναμεί με την τιμή του pH ενός διαλύματος (41)

Βάσει αυτής της εξίσωσης το δυναμικό στα άκρα του ηλεκτροδίου είναι άμεση συνάρτηση του pH του εκάστοτε διαλύματος.⁽³⁵⁾

Το πεχάμετρο που χρησιμοποιήσαμε κατά την πειραματική μας διαδικασία είναι το pHmeterHACH (sensionTM156) που διαθέτει ηλεκτρόδιο υάλου, η λειτουργία του οποίου στηρίζεται σε υάλινη μεμβράνη και αποτελείται κατά 70% από SiO_2 και από μεταβλητά ποσοστά Na_2O , CaO , LiO και BaO . Η παραπάνω μεμβράνη είναι το πιο σημαντικό μέρος του πεχαμέτρου και πρέπει να φυλάσσεται πάντα σε απιονισμένο νερό ή άλλο υδατικό διάλυμα σταθερού pH. Η συσκευή περιλαμβάνει επίσης βολτόμετρα που μετατρέπουν την διαφορά μηδενικού σε μονάδες pH, ενώ ακόμη υπάρχει και ειδική διάταξη η οποία αντισταθμίζει τη μέτρηση ανάλογα με τη θερμοκρασία του δείγματος.⁽³⁹⁾

Η μέτρηση του pH με τη μέθοδο του ηλεκτροδίου υάλου είναι η πλέον αξιόπιστη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαλύματα με ισχυρά οξειδωτικές ή αναγωγικές ενώσεις, αέρια και διάφορα βιολογικά μόρια, ενώ αξίζει να σημειωθεί πως υπάρχουν και κάποιες περιπτώσεις σφαλμάτων όπως όταν το pH παίρνει τιμές μεγαλύτερες από 10 ή μικρότερες από 1 και τότε το πεχάμετρο θα δείξει μικρότερη και μεγαλύτερη τιμή αντίστοιχα. Ακόμη, αν η γυάλινη μεμβράνη του ηλεκτροδίου αφυδατωθεί, ή υπάρξει μηχανική καταπόνηση ή οι πόροι του ηλεκτρολυτικού συνδέσμου του ηλεκτροδίου αναφοράς κλείσουν, τότε προκαλείται και πάλι σφάλμα ή ακόμη και καταστροφή του μηχανήματος.⁽³⁵⁾

Εναλλακτικά το pH μπορεί να προσδιοριστεί και με χρωματομετρική μέθοδο και χρήση δεικτών υπάρχουν όμως αρκετοί περιορισμοί όπως όταν το δείγμα έχει αλκαλικότητα μικρότερη από 20mg/LCaCO₃.

➤ **BOD-BIOΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ**

Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο αναφέρεται στην βιοοξείδωση ενός λύματος και είναι η ποσότητα που απαιτείται να λάβουν οι αερόβιοι μικροοργανισμοί (μεσόφιλα βακτήρια), για την οξειδωτική αποικοδόμηση των οργανικών ενώσεων που περιέχονται στα λύματα απουσία φωτός και σε θερμοκρασία 20 ° C. Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο αποτελεί σημαντικό περιβαλλοντικό δείκτη και χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό του επιπέδου ρύπανσης των αποδεκτών αλλά και του οργανικού φορτίου των αποβλήτων που περιέχονται στο νερό. Όσο μεγαλύτερο είναι το BOD τόσο επιβαρυνμένο είναι το απόβλητο και τόσο ακόμα μεγαλύτερο πρόβλημα θα δημιουργήσει η απόρριψή του στο περιβάλλον χωρίς να προηγηθεί κατάλληλη επεξεργασία.

Η βιοχημική οξείδωση είναι βραδεία που σημαίνει ότι σε χρόνο 20 ημερών έχει οξειδωθεί το 95-99% της οργανικής ύλης των λυμάτων. Δεδομένου ότι αυτός ο χρόνος είναι πολύ μεγάλος, συνήθως μετράται το BOD στις πρώτες 5 ημέρες όπου έχει διασπαστεί το 70-80% των οργανικών ενώσεων που περιέχουν μόνο C, H, O, ενώ δεν έχει αρχίσει ακόμη η νιτροποίηση των αζωτούχων οργανικών ενώσεων. Η οξείδωση αυτή συμβαίνει σε πρώτη φάση από τα βακτήρια τα οποία καταναλώνουν το διαλυμένο οξυγόνο του νερού παράγοντας διοξείδιο του άνθρακα και σε δεύτερη φάση από τα πρωτόζωα τα οποία καταναλώνουν βακτηριακά κύτταρα. Η σημασία του BOD είναι μεγάλη και έγκειται στο ότι αποτελεί μέτρο της κατανάλωσης του διαλυμένου οξυγόνου από τους μικροοργανισμούς για την οξείδωση της οργανικής ύλης που είναι τα κυριότερο ρυπαντικό αποτέλεσμα των αποβλήτων από τους αποδέκτες. Χρησιμοποιείται λοιπόν ως περιβαλλοντικός δείκτης για τον προσδιορισμό του ποσοστού ρύπανσης ενός αποδέκτη από οργανικό φορτίο που πιθανώς να υπάρχει λόγω απόρριψης λυμάτων σε αυτόν. Όσο μεγαλύτερη τιμή έχει το BOD τόσο πιο απαραίτητη είναι η επεξεργασία του δείγματος αυτού πριν απορριφθεί στη θάλασσα.

Οι τιμές του BOD έχουν μεγάλες διακυμάνσεις και μπορεί να κυμαίνονται από 250-350 mg/L σε ανεπεξέργαστα λύματα, ενώ όσων αφορά τα βιομηχανικά απόβλητα μπορούν να φτάσουν έως 20.000 mg/L. Με βάση την νομοθεσία που διέπει την ποιότητα νερού για προστασία υδάτινων αποδεκτών, απόβλητα που διοχετεύονται σε ποτάμια, λίμνες ή τη θάλασσα πρέπει να έχουν BOD μικρότερο από 40mg/L. Σε περιπτώσεις όπου οι υδάτινοι αποδέκτες εκμεταλλεύονται για άρδευση, αλιεία ή οποιαδήποτε εργασία κατά την οποία έρχεται σε επαφή ο άνθρωπος με αυτό το νερό, ορίζονται ακόμη αυστηρότερα όρια.⁽⁶⁾

Η παρουσία τοξικών ενώσεων, αντιβιοτικών, η απουσία μικροοργανισμών, η θερμοκρασία αποτελούν ανασταλτικούς παράγοντες στην μέτρηση του BOD εμποδίζοντας την αποικοδόμηση των οργανικών ενώσεων. Αυτό σημαίνει πως η επώαση τέτοιων δειγμάτων δίνει εσφαλμένη τιμή BOD. Για να αποφευχθεί τυχόν σφάλμα, τα δείγματα βιομηχανικών αποβλήτων υπόκεινται σε ξεχωριστή προετοιμασία. Για την εξασφάλιση ακριβών μετρήσεων όλα τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται για την μέθοδο αυτή, πρέπει να καθαρίζονται προσεκτικά μετά από κάθε χρήση ώστε να αποφεύγεται ενδεχόμενη αύξηση των βακτηρίων που θα οδηγήσει σε μεγάλα σφάλματα στην επόμενη μέτρηση. ⁽⁶⁾

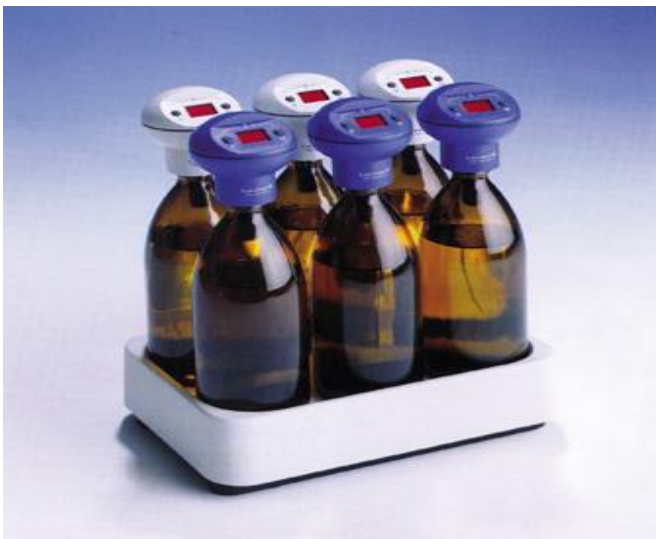
Κατά τον προσδιορισμό του BOD είναι σκόπιμο να αποφεύγεται η νιτροποίηση, δηλαδή η αζωτούχος απαίτηση οξυγόνου που προκύπτει από τη δραστηριότητα των νιτροποιητικών βακτηρίων που καταναλώνουν το οξυγόνο στο δείγμα. Συνήθως αυτό υφίσταται σε δείγματα με χαμηλή συγκέντρωση οργανικής ουσίας και μπορεί να αποφευχθεί με χρήση του αναστολέα νιτροποίησης B.

Το μοναδικό μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ο χρόνος της ολοκλήρωσής της, ο οποίος καθυστερεί την άμεση χρήση των επιμέρους αποτελεσμάτων. Ενδεικτικά μπορούμε να πούμε ότι μέχρι την πέμπτη μέρα έχει διασπαστεί το 70-80% των οργανικών ενώσεων όπως αναφέρθηκε και στο θεωρητικό μέρος. Για τον λόγο αυτό διεξάγεται ο εναλλακτικός έλεγχος του Χημικά απαιτούμενου οξυγόνου- COD. ⁽⁶⁾

Οργανικές Ουσίες + O₂ + Μικροοργανισμοί → CO₂ + H₂O + Νέα Κύτταρα + Σταθ. Προϊόντα

Η μέτρηση του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου πραγματοποιείται μανομετρικά με μία ειδική συσκευή BOD. Η συσκευή αυτή αποτελείται από μία κεφαλή με ψηφιακό αισθητήρα που βιδώνει σε σκουρόχρωμη γυάλινη φιάλη που περιέχει το δείγμα, εφόσον προηγουμένως έχει μηδενιστεί. (εικόνα 3) Το διαλυμένο οξυγόνο που υπάρχει στο δείγμα καταναλώνεται από τα βακτήρια και αναπληρώνεται από το οξυγόνο που βρίσκεται μέσα στην φιάλη πάνω από την επιφάνεια του δείγματος.

Εικόνα 3: Φιάλες στις οποίες τοποθετείται δείγμα για τη μέτρηση του BOD



➤ DO-ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ

Το νερό ως διαλύτης έχει την ιδιότητα να διαλύει ατμοσφαιρικά αέρια όπως άζωτο, οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα και αδρανή αέρια. Σε αντίθεση με το CO₂ που αντιδρά μερικώς με το νερό και σχηματίζει ανθρακικό οξύ (H₂CO₃), το οξυγόνο διαλύεται φυσικά στο νερό. Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία την αλατότητα και την πίεση του νερού. Πιο συγκεκριμένα, η αύξηση τόσο της θερμοκρασίας όσο και της αλατότητας αλλά και της πίεσης, οδηγούν σε μείωση της ικανότητας του νερού να διαλύει το οξυγόνο, άρα και μειωμένα επίπεδα διαλυμένου οξυγόνου. Επομένως, με δεδομένες συνθήκες θερμοκρασίας, αλατότητας και πίεσης έχουμε και σταθερή συγκέντρωση οξυγόνου (εφόσον δεν υπάρχουν άλλοι παράγοντες που μπορεί να επηρεάσουν) η οποία ονομάζεται τιμή κορεσμού. Στον πίνακα 3 παρακάτω παρουσιάζεται η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό σε κάποιες συγκεκριμένες θερμοκρασίες ενώ στον επόμενο πίνακα 4 η διαλυτότητά του σε σχέση με την αλατότητα για τις ίδιες θερμοκρασίες.

Πίνακας 2: Διαλυτότητα O₂ σε σχέση με τη θερμ/σία

°C	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	14.16	14.12	14.08	14.04	14.00	13.97	13.93	13.89	13.85	13.81
5	12.37	12.34	12.31	12.28	12.25	12.22	12.18	12.15	12.12	12.09
10	10.92	10.90	10.87	10.85	10.82	10.80	10.77	10.75	10.72	10.70
15	9.76	9.74	9.72	9.70	9.68	9.66	9.64	9.62	9.60	9.58
20	8.84	8.83	8.81	8.79	8.78	8.76	8.75	8.73	8.71	8.70
25	8.11	8.10	8.09	8.07	8.06	8.05	8.04	8.02	8.01	8.00
30	7.53	7.52	7.51	7.50	7.48	7.47	7.46	7.45	7.44	7.43

Πίνακας 3: Διαλυτότητα O₂ σε σχέση με την αλατότητα και τη θερμοκρασία

Θερμοκρασία °C	Αλατότητα				
	Cf:0 mg/l	Cf: 5000 mg/l	Cf:10000 mg/l	Cf:15000 mg/l	Cf:20000 mg/l
0	14.6	13.8	13.0	12.1	11.3
5	12.8	12.1	11.4	10.7	10.0
10	11.3	10.7	10.1	9.6	9.0
15	10.2	9.7	9.1	8.6	8.1
20	9.2	8.7	8.3	7.9	7.4
25	8.4	8.0	7.6	7.2	6.7
30	7.6	7.3	6.9	6.5	6.1

Το διαλυμένο οξυγόνο στο νερό είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για την επιβίωση όλου του θαλάσσιου οικοσυστήματος. Έλλειψη οξυγόνου στα φυσικά νερά δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες, ανάπτυξη μικροοργανισμών με ικανότητα επιβίωσης χωρίς οξυγόνο, έκλυση δύσσομων και επικίνδυνων αερίων κ.λπ. Μείωση της περιεκτικότητας του οξυγόνου στο νερό προέρχεται από παρουσία οργανικών ενώσεων δηλαδή από λύματα και απόβλητα που απαιτούν κατανάλωση οξυγόνου για την αποσύνθεσή τους. Αντίθετα οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί έχουν τη δυνατότητα να προσδίδουν οξυγόνο στο νερό, γι' αυτό το λόγο παρατηρούνται υψηλότερα ποσά διαλυμένου οξυγόνου κατά τη διάρκεια της μέρας. Ακόμη και το βάθος όμως του νερού επηρεάζει το διαλυμένο οξυγόνο καθώς η σχέση των δυο είναι εκθετική και συνήθως μετά τα 20m από την υδροστατική επιφάνεια δεν υπάρχει παρουσία διαλυμένου οξυγόνου.^(10/35/38)

Η κλασική μέθοδος μέτρησης του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό είναι η μέθοδος Winkler, σύμφωνα με την οποία το διαλυμένο οξυγόνο δεσμεύεται σε κατάλληλες φιάλες δειγματοληψίας

με τη βοήθεια ειδικών αντιδραστηρίων ($MnCl_2 \cdot 5H_2O$ και KI/KOH), και στη συνέχεια προσδιορίζεται στο εργαστήριο, όπου τιτλοδοτείται με θειοθειικό νάτριο ($Na_2S_2O_3 \cdot 5HO$) χρησιμοποιώντας δείκτη αμύλου. Σήμερα έχουν αναπτυχθεί διάφορα σύγχρονα όργανα μέτρησης του διαλυμένου οξυγόνου τα γνωστά οξυγονόμετρα (αναλογικά ή ψηφιακά) και η μέτρηση καθίσταται πιο εύκολη. Τα αποτελέσματα εκφράζονται σε mg/l διαλυμένου οξυγόνου ή σε ποσοστό (%) διάλυσης. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία χρησιμοποιήσαμε την ηλεκτροχημική μέθοδο με τη βοήθεια του οξυγονόμετρου HACHsensionTM156 το οποίο αποτελείται από ηλεκτρόδιο με σύστημα ανόδου-καθόδου και δια μέσου μιας μεμβράνης μετράει τον ρυθμό διάχυσης του μοριακού οξυγόνου. ⁽⁶⁾

ΑΛΚΑΛΙΜΕΤΑΛΛΑ

Η παρουσία των αλκαλιμετάλλων στο νερό οφείλεται στα πετρώματα από τα οποία διέρχονται τα ύδατα. Στοιχεία όπως το κάλιο και το νάτριο βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις σε νερά που περιβάλλονται από αστήριους, ομάδα τεκτοφυρικών ορυκτών. Για παράδειγμα το νάτριο προέρχεται από αλίτη, νατριούχους αμφίβλους και τον αλίτη ενώ το κάλιο από μικροκλίνη και τον συλβίνι. Επιπροσθέτως η παρουσία αλκαλίων στο γλυκό νερό συνδέεται με την υφαλμύρυνση παράκτιων υδροφορέων και την αερομεταφορά σταγονιδίων από τη θάλασσα. Ακόμη, το κάλιο είναι άμεσα συνυφασμένο με τα καλιούχα λιπάσματα από τα οποία περνάει στο έδαφος και από εκεί είτε στον υδροφόρο ορίζοντα είτε καταλήγει στον κοντινότερο υδάτινο αποδέκτη λόγω βροχής.

Σύμφωνα με την υπουργική απόφαση με αριθμό 46399/1352/86 έχουν οριστεί οι απαιτούμενες συγκεντρώσεις αλκαλίων σε κάθε διαφορετικό είδος νερού. Ενδεικτικά, στα υπόγεια ύδατα η συγκέντρωση νατρίου πρέπει να είναι $20mg/L$ ενώ στο θαλασσινό νερό ανέρχεται στα $10.000 mg/L$. Αντίστοιχα είναι και τα επίπεδα συγκέντρωσης για το κάλιο. Τιμές πάνω από $50mg/L$ και για τις δύο ουσίες προκαλούν σαπνοποίηση που επιταχύνει τη διάβρωση στους λέβητες, δημιουργώντας κρούστα. Σε μικρές περιεκτικότητες το νάτριο και το κάλιο συμμετέχουν στην οσμωτική ισορροπία του κυττάρου. Μεγάλες συγκεντρώσεις ιόντων νατρίου στο πόσιμο νερό επιφέρουν προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων που το χρησιμοποιούν, γι' αυτό και απαιτείται συχνός έλεγχος των συγκεντρώσεων τους. ⁽¹⁰⁾

Για τον προσδιορισμό των αλκαλιμετάλλων χρησιμοποιείται η μέθοδος της φλογοφωτομετρίας. Αναφέρεται μόνο στην ορατή περιοχή του φάσματος. Χρησιμοποιείται ήδη από το 1930 και χωρίζεται σε φλογοφωτομετρία εκπομπής και απορρόφησης όπου η μια συμπληρώνει την άλλη λόγω της χαμηλής συγκέντρωσης των στοιχείων που εντοπίζονται στην φλογοφωτομετρία εκπομπής και των στοιχείων εκείνων που ανιχνεύονται μόνο με την απορρόφηση. ⁽⁶⁾

Η τεχνική της φλογοφωτομετρίας είναι μια αναλυτική μέθοδος όπου με θερμική διέγερση τα συστατικά του εκάστοτε δείγματος μετατρέπονται σε αέρια άτομα και έτσι λαμβάνονται τα ατομικά οπτικά φάσματα τα οποία στη συνέχεια προσδιορίζονται με φασματικές μετρήσεις απορρόφησης ή εκπομπής. Κατά τη διαδικασία αυτή της ατομοποίησης τα δείγματα περνάνε στην αέρια φάση υπό μορφή ατόμων με τη βοήθεια φλόγας. Κατά την αποδιέγερση των ατόμων αυτών εκπέμπεται ακτινοβολία. Η εκνέφωση του διαλύματος οφείλεται σε μια ροή οξειδωτικού αερίου σε συνδιασμό με καύσιμο αέριο το οποίο καταλήγει στη φλόγα όπου και παρατηρούμε αλλαγές στο χρώμα της. Με τα κατάλληλα οπτικά φίλτρα και σε συγκεκριμένο μήκος κύματος, η εκπομπή μπορεί να απομονωθεί και να προσδιοριστεί από έναν φωτο-ανιχνευτή. ^(35/45)

Με τη βοήθεια της φλογοφωτομετρίας ανιχνεύονται μεταλλικά ιόντα όπως K, Na, Ca (πυροχημικές αντιδράσεις), ενώ τα διάφορα χρώματα που παίρνει η φλόγα οφείλονται στην ύπαρξη αλάτων του κάθε στοιχείου. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του ασβεστίου η φλόγα χρωματίζεται κόκκινη σε αντίθεση με το νάτριο όπου η φλόγα γίνεται κίτρινη. Η ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπεται αντικατοπτρίζει τη συγκέντρωση του στοιχείου που εισάγεται στη φλόγα.⁽⁶⁾

Για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων των παραπάνω ουσιών απαιτείται βαθμονόμηση του φλογοφωτόμετρου με πρότυπα διαλύματα και δημιουργία καμπύλης αναφοράς. Η πρότυπη καμπύλη είναι γραφική παράσταση που απεικονίζει το ποσοστό της ακτινοβολίας που απορροφάται από διάλυμα δείγματος(a), σε μήκος κύματος λ_{max} , σε σχέση με τη συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος(c). Η συνάρτηση $a=f(c)$ χρησιμεύει στο να διαπιστώσουμε αν το δείγμα που εξετάζουμε ακολουθεί τον νόμο Lambert-Beer και στο να υπολογίσουμε τη συγκέντρωση του πρότυπου διαλύματος σε σχέση με το υπό εξέταση διάλυμα. Εφόσον το δείγμα που εξετάζουμε ακολουθεί τον παραπάνω νόμο η καμπύλη που προκύπτει είναι μια ευθεία γραμμή.

ΚΑΛΙΟ

Μαλακό αργυρόλευκο μέταλλο, τόσο ελαφρύ που επιπλέει στο νερό, ενώ οξειδώνεται πολύ γρήγορα όταν έρθει σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα και αντιδρά βίαια με το νερό, προς παραγωγή υδρογόνου και θερμότητας. Το ποσό της θερμότητας είναι τέτοιο που δύναται να προκαλέσει ανάφλεξη του υδρογόνου αυτόματα, ενώ και κατά την αντίδραση με τον αέρα υπάρχει πιθανότητα αυτανάφλεξης.

Στη φύση απαντάται μόνο σε μορφή ιονικών αλάτων και συγκεκριμένα στο νερό είναι διαλυμένο με περιεκτικότητα περίπου 0,4% κ.β. Μέσω των πετρωμάτων και του νερού μεταφέρεται στο έδαφος και συνεπώς στο εσωτερικό των φυτικών κυττάρων όπου υπάρχει αθροιστική συσσώρευση (βιοσυσσώρευση) οπότε διεισδύει και στην τροφική αλυσίδα με ιδιαίτερα μεγάλες συγκεντρώσεις. Είναι απαραίτητο για τη λειτουργία και τη διαβίωση τόσο των φυτικών όσο και των ζωικών οργανισμών. Παρόλα αυτά η αυξημένη συγκέντρωσή του μπορεί να προκαλέσει προβλήματα υγείας διαταράσσοντας την ισορροπία του οργανισμού και σε ορισμένες περιπτώσεις είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη.⁽⁴⁵⁾

ΑΣΒΕΣΤΙΟ

Είναι ίσως από τα επικρατέστερα στοιχεία που υπάρχουν στο νερό και συνδεδεμένο με τα ανθρακικά και όξινα ανθρακικά ανιόντα, δημιουργεί άλατα που ευνοούν τη σκληρότητα του νερού. Η κύρια προέλευση του ασβεστίου (Ca) είναι τα ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα και τα μάρμαρα. Επίσης προέρχεται από τους ασβεστονατριούχους άστριους, τη γύψο, τους πυρόξενους, τους αμφιβόλους, καθώς και σε ορυκτά της ομάδας του επίδοτου.

Δεν έχει θεσπιστεί ανώτατο επιτρεπτό όριο από τον οργανισμό υγείας όσον αφορά το ασβέστιο, υποδηλώνοντας με αυτό τον τρόπο πως δεν επιφυλάσσει κινδύνους η ενδεχόμενη αύξηση της συγκέντρωσής του στα νερά. Παρόλα αυτά υπάρχει φυσικά ενδεικτική τιμή για το πόσιμο νερό η οποία κυμαίνεται περίπου στα 100mg/L.⁽¹⁰⁾ Σε γενικές γραμμές η συγκέντρωσή του κυμαίνεται από 0 έως και μερικές εκατοντάδες mg/L ανάλογα με την πορεία του νερού μέσα από τα πετρώματα.⁽³⁶⁾

ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΑΛΑΤΑ

Τα θρεπτικά άλατα προσφέρουν στους οργανισμούς ό,τι είναι απαραίτητο για την επιβίωσή τους όπως τα νιτρικά και νιτρώδη, τα αμμωνιακά, τα φωσφορικά ιόντα, το πυρίτιο, τα ανιόντα θείου κλπ. Ανάλογα με την ποσότητα και την παρουσία αυτών των μακροθρεπτικών στα διάφορα υδάτινα συστήματα, καθορίζεται και η υδρόβια ζωή (ποσοτικά και ποιοτικά) που είναι διαφορετική από λεκάνη σε λεκάνη. Αυτό σημαίνει ότι ένας θαλάσσιος όγκος δεν φιλοξενεί την ίδια χλωρίδα και πανίδα με ένα λιμναίο όγκο και αυτό γιατί στη λίμνη δεν απαντώνται όλες οι ουσίες που απαντώνται στη θάλασσα και το αντίστροφο. Αντιλαμβανόμαστε ότι η παρουσία ή όχι των ιχνοστοιχείων και των μακροθρεπτικών καθώς και η ποσότητα τους δύναται να διαφοροποιήσει δραματικά την κατάσταση ενός υδάτινου όγκου όταν η συγκέντρωση των ίδιων αλλάξει. Αυτό ονομάζεται βιολογική παραγωγικότητα και έχει βαρύνουσα σημασία στην ποιότητα των υδάτων. ⁽⁴⁰⁾

Το άζωτο και ο φώσφορος έχουν την κυρίαρχη θέση στην ανάπτυξη των οργανισμών. Το άζωτο εντοπίζεται συνήθως ως αέριο, οργανικό άζωτο ή με τη μορφή ιόντων NH_4^+ , NH_4OH , NO_3^- , NO_2^- , ενώ ο φώσφορος είναι σε μορφή ορθο-φωσφορικών, πολυ-φωσφορικών ιόντων και οργανικών ενώσεων.

➤ ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ

Η παρουσία τους σχετίζεται και με τη χρήση φωσφορικών λιπασμάτων στη γεωργία, καθώς και τη ρύπανση από αστικά λύματα. Πολλά απορρυπαντικά οικιακής ή βιομηχανικής χρήσης περιέχουν φωσφορικά ιόντα με σκοπό την αποσκλήρυνση του νερού. Έτσι τα λύματα που θα καταλήξουν στους επιφανειακούς αποδέκτες είναι αρκετά επιβαρυνμένα με φωσφορικά ιόντα και άλλα θρεπτικά συστατικά. Εκτός αυτού, τα υπολείμματα των τροφών αλλά και τα περιττώματα είναι πηγές φωσφορικών ιόντων που και αυτά με τη σειρά τους θα επιβαρύνουν τα αστικά λύματα και κατ' επέκταση το εκάστοτε θαλάσσιο σύστημα. Ακόμη, η παρουσία των φωσφορικών ιόντων είναι πολύ έντονη στα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται σε γεωργικές περιοχές, τα οποία όμως δεν δεσμεύονται ποσοτικά από τα φυτά και το έδαφος με αποτέλεσμα να εκπλένονται κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων και να δημιουργείται έτσι ένας ακόμα σημαντικός παράγοντας αυξημένης συγκέντρωσης φωσφορικών λόγω επιφανειακής απορροής. Τέλος, αποθέσεις φωσφόρου εντοπίζουμε σε ιζήματα λιμνών, κλειστών θαλασσών, κόλπων κλπ., αλλά και στην ιλύ, το παράγωγο του βιολογικού καθαρισμού των αστικών λυμάτων. ^(10/41)

Βέβαια η αύξηση ή μείωση των φωσφορικών ιόντων υπόκεινται και σε άλλες παραμέτρους όπως είναι η θερμοκρασία (η οποία αυξάνει τον ρυθμό αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών στις οποίες περιέχεται ο φώσφορος και έτσι αποδεσμεύεται), το pH (το οποίο αυξάνει τη συγκέντρωση φωσφόρου στο νερό) και η συγκέντρωση του αζώτου δηλαδή των νιτρικών και νιτρωδών ιόντων (τα οποία μειώνουν τη συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων στο νερό λόγω της οξειδωτικής τους δράσης). ^(10/41)

Τα φωσφορικά ιόντα, ανάλογα με την προέλευσή τους μπορεί να έχουν μορφή ανόργανων αλάτων ή οργανικών ενώσεων με δεσμευμένα φωσφορικά ιόντα, αλλά κυρίως παρίστανται ως ορθοφωσφορικά (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}) και πολυφωσφορικά ιόντα ($(\text{PO}_3)_6^{3-}$). ⁽¹⁰⁾ Παρ' όλο που αποτελεί ένα από τα κύρια κυτταρικά στοιχεία και βασικά θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των ζωικών και φυτικών οργανισμών, η παρουσία του στη γη ως φυσικό της στοιχείο δεν είναι και τόσο συχνή. ⁽⁴¹⁾

Μαζί με τα νιτρικά αποτελούν τους σπουδαιότερους παράγοντες δημιουργίας φαινομένων ευτροφισμού. Σαν ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση φωσφορικών στο νερό θεωρούνται τα 5 mg/L, ενώ σαν ενδεικτικό τα 0,4 mg/L. ⁽¹⁰⁾

Ο προσδιορισμός των φωσφορικών ιόντων με την χρήση του κιτ αναλύσεων phosphate Reagent Test MERCK 14848 βασίζεται στην εξής θεωρία: Σε οξινισμένο με θειικό οξύ δείγμα, τα μολυβδαινικά ιόντα αντιδρούν με τα ορθοφωσφορικά προς παραγωγή μολυβδοφωσφορικού οξέος, το οποίο παρουσία ασκορβικού οξέος ανάγεται σε φωσφορομολυβδαινικό σύμπλοκο του αντιμονίου. Η ουσία αυτή είναι χρώματος μπλε και μπορεί να προσδιοριστεί φωτομετρικά. ⁽⁶⁾

➤ ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ ΙΟΝΤΑ

Η αμμωνία είναι ένας πολύ σημαντικός δείκτης ρύπανσης προερχόμενος από κοπρανώδεις ουσίες με μεγάλη περιεκτικότητα σε ακαθαρσίες και επικίνδυνους μικροοργανισμούς. Η αμμωνία δεν επηρεάζει άμεσα την υγεία σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 0.2 mg/L, σε περίπτωση όμως που η συγκέντρωσή της υπερβεί αυτό το όριο δημιουργεί προβλήματα οσμής και γεύσης στο νερό και ελαττώνει την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης. Ακόμη, συμβάλλει στο σχηματισμό νιτρικών στα συστήματα ύδρευσης και η παραμετρική τιμή ανέρχεται στα 0,50 mg/L σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία της χώρας μας.

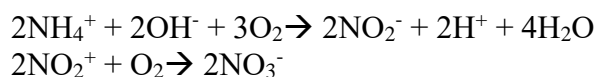
Πιο συγκεκριμένα, συνήθως τα νερά ρυπαίνονται από οργανικό άζωτο και αμμωνία, με το πρώτο να μετατρέπεται εξ' ολοκλήρου σε αμμωνία και στη συνέχεια κάτω από αερόβιες συνθήκες η αμμωνία να οξειδώνεται σε νιτρικά και νιτρικά ιόντα. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να καταλάβουμε και σε τι στάδιο ρύπανσης βρισκόμαστε (αρχικό, προχωρημένο) ανάλογα με τη φάση στην οποία βρίσκονται οι ουσίες. ⁽⁴²⁾

Ο προσδιορισμός των αμμωνιακών με την χρήση του Ammonium reagent test Merck14752 με εύρος 0.05-3.00 mg/L NH₄-N, βασίζεται στην ισορροπία των αμμωνιακών ιόντων και της αμμωνίας που σχηματίζουν το αμμωνιακό άζωτο συγκριτικά με το pH (σε αλκαλικό περιβάλλον). Έτσι η αμμωνία αντιδρά με τα υποχλωριώδη ιόντα προς παραγωγή μονοχλωραμινών και αυτά παρουσία φαινόλης σχηματίζουν την μπλε ινδοφαινόλη η οποία μπορεί να προσδιοριστεί φωτομετρικά. ⁽⁶⁾

➤ ΝΙΤΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ

Αποτέλεσμα της φυσικής αποσύνθεσης οργανικών αζωτούχων ενώσεων, τόσο φυτικής όσο και ζωικής προέλευσης, είναι τα νιτρικά ιόντα. Με άλλα λόγια τα ζωικά περιττώματα, τα αστικά και βιομηχανικά λύματα και απόβλητα καθώς και τα λιπάσματα είναι πηγές ανάπτυξης νιτρικών ιόντων στο νερό. Τα επαναχρησιμοποιημένα ύδατα ακόμη και μετά από την απαραίτητη επεξεργασία στην οποία υπόκεινται, πολλές φορές είναι πλούσια σε νιτρικά. Ειδικά όσων αφορά τα επιφανειακά νερά, η αυξημένη παρουσία νιτρικών ιόντων μπορεί να οφείλεται στα κατακρημνίσματα (ατμοσφαιρική νιτρορύπανση), στο φαινόμενο της διάβρωσης εδαφών- και πιο συγκεκριμένα της εκάστοτε λεκάνης απορροής- αλλά και στο γεγονός ότι το ατμοσφαιρικό άζωτο μπορεί να δεσμεύεται από το νερό λόγω ηλεκτρικών ή φωτοχημικών φαινομένων. ⁽¹⁰⁾

Η οξείδωση του ιόντος NH₄⁺ που προκύπτει από την αποσύνθεση πραγματοποιείται σε δύο στάδια με τη βοήθεια βακτηρίων όπως φαίνεται στην εξίσωση 3:



Εξίσωση 3: Τα δυο στάδια αποσύνθεσης του NH_4^+

Μεγάλη περιεκτικότητα σε νιτρικό ανιόν υποδηλώνει την παρουσία βιολογικών ρύπων ή επίδραση ή ανάμειξη με νερά άρδευσης από λιπαινόμενες γαίες. Το ανώτατο όριο συγκέντρωσης νιτρικών στο πόσιμο νερό έχει καθορισθεί σε 50 mg/L, ενώ το επιθυμητό όριο είναι 25 mg/L. ⁽¹⁰⁾

Αυξημένες περιεκτικότητες σε νιτρικά ιόντα προκαλούν βλάβες στον οργανισμό. Συγκεκριμένα, οι νιτροζαμίνες και άλλες ενώσεις προερχόμενες από τη μετατροπή των αδρανών νιτρικών ιόντων σε δραστικά νιτρώδη δημιουργούν καρκινογόνα παράγωγα γι' αυτό και η υψηλή συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στο νερό θεωρείται επιβλαβής τόσο για το περιβάλλον και την ποιότητα των υδάτων όσο και για τον ανθρώπινο οργανισμό. ⁽¹⁰⁾

Ο προσδιορισμός των νιτρικών ιόντων πραγματοποιείται με χρήση του κιτ αναλύσεων spectroquant Nitratetest (1.09713.0001) της Merck. Σε οξυνισμένο δείγμα με θειικό και φωσφορικό οξύ, τα νιτρικά ιόντα αντιδρούν με την 2,6-ιμεθυλοφαινόλη παράγοντας την 4-νιτρο-2,6-διμεθυλοφαινόλη, η οποία και προσδιορίζεται φωτομετρικά. Η ένταση του χρώματος είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων. Η μέθοδος αντενδείκνυται για δείγματα με περιεκτικότητα χλωριόντων μεγαλύτερη του 1,000mg/l και COD μεγαλύτερο των 500mg/l. ⁽⁶⁾

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ

Υπάρχει μια ευρεία γκάμα από βακτηρίδια τα οποία βρίσκονται είτε στον ανθρώπινο και ζωικό οργανισμό, είτε στο έδαφος, το νερό και την ατμόσφαιρα. Τα βακτηρίδια αυτά κυμαίνονται από αβλαβή για την υγεία του ανθρώπου έως παρασιτικά. Αυτά που θα μελετήσουμε εμείς στην παρούσα πτυχιακή εργασία είναι τα παθογόνα βακτήρια δηλαδή τα επιβλαβή για τον ανθρώπινο οργανισμό. Τα ανθρώπινα απόβλητα εμπλουτίζουν τα αστικά λύματα με τέτοια βακτηρίδια και συνήθως καταλήγουν σε κάποιο υδάτινο αποδέκτη φορτώνοντάς τον με ανεπιθύμητες και βλαβερές ουσίες οι οποίες θα επηρεάσουν όχι μόνο τη φυσική κατάσταση του υδάτινου αποδέκτη αλλά ενδεχομένως και τον άνθρωπο εάν έρχεται σε κάποιο είδους επαφή με το συγκεκριμένο νερό. ⁽⁴³⁾ Οι μικροβιολογικοί αυτοί δείκτες κατηγοριοποιούνται σε 2 ομάδες. Η πρώτη είναι το ολικό κολοβακτηρίδιο (Total Coliforms) στην οποία ανήκουν όλα τα βακτηρίδια κολοβακτηριδίου ενώ στην δεύτερη ομάδα με όνομα κολοβακτηρίδια κοπράνων (Fecal Coliforms) ανήκει μόνο ένα μέρος βακτηρίων τα οποία ζουν στο έντερο ανθρώπων και ζώων.

➤ **ΟΛΙΚΑ ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΑ (TOTAL COLIFORMS)**

Είναι μια ολόκληρη ομάδα βακτηρίων που μπορεί να εμφανιστεί στο νερό και να προκαλέσει προβλήματα υγείας στον άνθρωπο. Ανήκει στην οικογένεια των "Enterobacteriaceae", ενώ κατά πλειοψηφία στα ύδατα είναι τα "Citrobacter", "Enterobacter", "Escherichia", "Hafnia", "Klebsiella", "Serratia" και "Yersinia"

Στην ομάδα των ολικών κολοβακτηρίων περιλαμβάνονται αερόβια και επαμφοτερίζοντα βακτήρια που είναι πλατιά διαδεδομένα και αναπτύσσονται στο έδαφος, τα επιφανειακά νερά, τα τρόφιμα. Περιλαμβάνονται ακόμα είδη που ζουν στο παχύ έντερο του ανθρώπου και των θερμόαιμων ζώων και αποβάλλονται με τα λύματα και κτηνοτροφικά απόβλητα. Η παρουσία αντιπροσώπων από την ομάδα των ολικών κολοβακτηρίων στο νερό, αποτελεί ένδειξη επιμόλυνσης από εξωγενείς παράγοντες αν και η προέλευση τους εκτός από κοπρική μπορεί να είναι περιβαλλοντική. ⁽⁴¹⁾

➤ **E-COLI**

Είναι μια ολόκληρη ομάδα βακτηρίων που μπορεί να εμφανιστεί στο νερό και να προκαλέσει προβλήματα υγείας στον άνθρωπο. Κύριος εκπρόσωπος αυτών των βακτηριδίων και βασικός δείκτης μόλυνσης των υδάτων είναι τα *Escherichia coli* (*E. Coli*) τα οποία βρίσκονται κατά πλειοψηφία στα περιττώματα ενώ βασικό χαρακτηριστικό τους είναι ότι μπορούν να ζουν και εκτός του ανθρώπινου οργανισμού σε αντίθεση με τους άλλους παθογόνους μικροοργανισμούς. Παρόλο που τα συγκεκριμένα βακτηρίδια ζουν στο ανθρώπινο σώμα αρμονικά χωρίς να δημιουργούν προβλήματα, η παρουσία τους στο νερό υποδεικνύει ρύπανση υδάτων κοπρανόδους προέλευσης, ενώ είναι σίγουρη η δημιουργία άλλων μολυσματικών μικροοργανισμών.⁽⁶⁾

➤ **ΘΕΡΜΟΑΝΘΕΚΤΙΚΑ (FECAL COLIFORMS)**

Είναι και αυτό υποομάδα του ολικού κολοβακτηριδίου δεν έχει όμως μόνο κοπρανώδη προέλευση αλλά μπορεί να προέρχεται και από υλικά σε αποσύνθεση.⁽⁴³⁾

➤ **ΕΝΤΕΡΟΚΟΚΚΟΣ**

Ανήκει στην ομάδα των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων και υποδηλώνει σοβαρή μόλυνση του ύδατος από περιττώματα είτε ανθρώπου είτε θερμόαιμων ζώων. Είναι κόκκοι που δημιουργούν αλυσίδες, Gram θετικοί ενώ περιέχουν το αντιγόνο κατά Lancefield της ομάδας D, το οποίο αποτελεί φυσική χλωρίδα του πεπτικού ανθρώπων και ζώων.⁽⁴³⁾ Αναπτύσσονται με δυσκολία στο νερό που σημαίνει πως η μεγάλη συγκέντρωση έχει προέλθει μετά από χρόνια έκθεση σε παθογόνους μικροοργανισμούς. Η ποιότητα του νερού αξιολογείται ανάλογα με την ποσότητα των αποικιών που αναπτύσσονται κατά το χρόνο επώασης ανά 100 ml δείγματος.⁽⁴¹⁾

Για τον έγκυρο έλεγχο της ρύπανσης του νερού είναι σκόπιμο να μετρούνται τουλάχιστον δυο ή και περισσότεροι μικροβιολογικοί δείκτες καθώς και τα ολικά κολοβακτηρίδια ως επαλήθευση, καθώς πρέπει το άθροισμα των αποικιών των άλλων παραμέτρων να είναι ίσο κατά προσέγγιση με το αποτέλεσμα του ολικών κολοβακτηρίων.⁽⁴¹⁾

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Εκτός των παραμέτρων που αναπτύχθηκαν παραπάνω και αφορούν το θαλασσινό νερό, υπάρχουν κάποιοι ακόμα δείκτες που παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του γλυκού νερού. Επομένως θα περιγραφούν παρακάτω εξαιτίας αγωγού γλυκού νερού που μελετήθηκε στην παρούσα πτυχιακή. Οι παράμετροι αυτοί είναι οι εξής:

➤ **ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ**

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός διαλύματος είναι κατ' ορισμό μια μαθηματική έκφραση της ικανότητας ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα και οφείλεται στην παρουσία ηλεκτρολυτών, ενώσεις που διαλυμένες στο νερό δίστανται και αποδίδουν θετικά φορτισμένα κατιόντα και αρνητικά φορτισμένα ανιόντα.⁽³⁵⁾ Πιο συγκεκριμένα αγωγιμότητα (G) είναι το ρεύμα (I) προς την διαφορά δυναμικού (E) που εφαρμόζεται σε 2 ηλεκτρόδια μέσα σε ένα διάλυμα. Η ικανότητα του εκάστοτε διαλύματος να άγει το ρεύμα, άρα και η τιμή της αγωγιμότητας εξαρτάται από:

1. την παρουσία και το είδος των ιόντων (συνολική συγκέντρωση και μέγεθος ιόντων. Τα μικρά σε μέγεθος ιόντα είναι πιο ευκίνητα και προκαλούν μεγαλύτερη αύξηση στην αγωγιμότητα),
2. το σθένος και την κινητικότητά τους,

3. τη θερμοκρασία του διαλύματος (για αύξηση 1°C η αγωγιμότητα αυξάνει κατά 1-3%),
4. το ιξώδες του διαλύματος,
5. και το μέγεθος της διαφοράς δυναμικού.

Εκτός από τα παραπάνω, μεγάλη επιρροή στην παράμετρο της αγωγιμότητας έχει και η αλατότητα μιας και είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των διαλυμένων αλάτων στο διάλυμα. Κατ' αναλογία λοιπόν, με την αύξηση των αλάτων έχουμε αύξηση και της αγωγιμότητας. Ενδεικτικά στον παρακάτω πίνακα (5) υπάρχουν οι τιμές αγωγιμότητας διαφορετικής προέλευσης υδάτων:

Πίνακας 4: Τιμές αγωγιμότητας υδάτων διαφορετικής προέλευσης (35)

Υπερκάθαρο νερό	0,055 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Νερό από αντίστροφη όσμωση	5-15 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Νερό λίμνης	40-1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Εμφιαλωμένο νερό	350-450 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Νερό ποταμού	400-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Θαλασσινό νερό	53 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Πρακτικά, η αγωγιμότητα είναι ενδεικτική για την ποιότητα των υδάτων, καθώς αύξησή της, σημαίνει αυξημένη βιολογική παραγωγικότητα, μεγάλες συγκεντρώσεις θρεπτικών συστατικών (ευτροφισμός) και συσσώρευση ιόντων. Υπερβολικά μεγάλες τιμές αγωγιμότητας, ή απότομη αύξηση αυτής αποτελούν ένδειξη ρύπανσης κυρίως από ιόντα όπως ανθρακικά, θειικά, χλωρίου, μαγνησίου νατρίου, καλίου και φωσφόρου. Στα παραγόμενα βιομηχανικά απόβλητα η αγωγιμότητα μπορεί να ξεπερνάει και τα 10.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.⁽³⁵⁾ Η επίδραση διαφόρων ιόντων στη χημική ισορροπία, στο ρυθμό διάβρωσης των μετάλλων αλλά και στην ανάπτυξη των φυτών και των ζώων διευκολύνεται με τον προσδιορισμό της αγωγιμότητας. Επιπλέον, συμβάλλει προσεγγιστικά στην χρήση των απαιτούμενων χημικών ουσιών για να επιτευχθεί η εξουδετέρωση ή η κροκίδωση των αποβλήτων στα ύδατα.⁽³⁴⁾

Η μέτρηση της αγωγιμότητας γίνεται με συσκευές οι οποίες ονομάζονται αγωγιμόμετρα. Τα είδη τους είναι τρία και χωρίζονται σε αγωγιμόμετρα άμεσης ανάγνωσης τα οποία έχουν ακρίβεια 0,1% και δίνουν συνεχή ένδειξη της τιμής, σε αγωγιμόμετρα με γέφυρα Wheaston με ακρίβεια 0,01% αλλά χρονοβόρα διαδικασία και στα αγωγιμόμετρα χωρίς ηλεκτρόδια με ακρίβεια μερικών δεκάτων. Μονάδα μέτρησης της αγωγιμότητας είναι το Siemens ή για την ακρίβεια το mS/cm . Για να αποφεύγονται τα σφάλματα είναι χρήσιμος ο τακτικός έλεγχος του οργάνου με βαθμονόμηση κατόπιν μέτρησης της αγωγιμότητας πρότυπων διαλυμάτων KCl.⁽³⁾

Τα αγωγιμόμετρα με ηλεκτρόδιο σε γενικές γραμμές αποτελούνται από ένα γυάλινο ή πλαστικό στέλεχος πάνω στο οποίο πακτώνονται τα ηλεκτρόδια με τρόπο τέτοιο ώστε οι γεωμετρικές διαστάσεις να παραμένουν σταθερές. Η διάταξη αυτή ονομάζεται κελί ή κύτταρο αγωγιμότητας. Ο λόγος των σταθερών γεωμετρικών διαστάσεων του κελιού I/A ονομάζεται σταθερά κελιού K , με I την απόσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων και A την επιφάνειά τους, ενώ η μονάδα μέτρησής του είναι cm^{-1} . Ο υπολογισμός του κελιού αγωγιμότητας γίνεται με τη βοήθεια πρότυπων υδατικών διαλυμάτων KCl και τη βοήθεια της εξίσωσης $k=K \cdot G$ όπου k η ειδική αγωγιμότητα και G η αγωγιμότητα.

Η ηλεκτρόλυση των ιόντων στην επιφάνεια των ηλεκτροδίων είναι ανεπιθύμητη και αποφεύγεται με τη χρήση εναλλασσόμενου ρεύματος υψηλής συχνότητας.⁽³⁵⁾

Στην παρούσα πτυχιακή η μέτρηση της αγωγιμότητας έγινε με την ποτενσιομετρική μέθοδο 4 δακτυλίων, όπου οι δύο ακραίοι δακτύλιοι εφαρμόζουν μια εναλλασσόμενη τάση και

δημιουργούν ροή ρεύματος στο διάλυμα. Οι ίδιοι δακτύλιοι μετράνε την τάση που δημιουργείται από τη ροή ρεύματος στο διάλυμα η οποία είναι ανάλογη της αγωγιμότητας.⁽³⁵⁾ Η συσκευή που χρησιμοποιήθηκε ήταν HACH (senionTM156).

Για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα αγωγιμότητας διαφορετικών δειγμάτων είναι αναγκαίο να γίνεται αναγωγή των μετρήσεων στην ίδια θερμοκρασία προκειμένου να αποφεύγονται σφάλματα και λανθασμένα συμπεράσματα. Η διαδικασία αυτή γίνεται αυτόματα με τη βοήθεια του θερμομέτρου που βρίσκεται ενσωματωμένο στο ποτενσιόμετρο.⁽⁹⁾

➤ ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ

Τα φυσικά νερά περιέχουν διαλυμένα άλατα εξαιτίας της επιφανειακής ή υπόγειας διαδρομής τους και την επαφή τους με τα πετρώματα που συναντούν. Ορισμένα από αυτά τα πετρώματα περιέχουν άλατα και δυσθενή μεταλλικά κατιόντα, συνήθως Ca^{2+} και Mg^{2+} δεσμευμένα με ανθρακικά και δισανθρακικά ιόντα ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, CaCO_3) εξαιτίας των οποίων το νερό αποκτά τη γεύση του, η οποία θα πρέπει να είναι ευχάριστη σε περίπτωση που αυτό το νερό προορίζεται για ύδρευση. Η υπερβολική συγκέντρωση των παραπάνω στο νερό όχι μόνο μπορεί να επηρεάσει δυσάρεστα την γεύση του, αλλά μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στη γενικότερη χρήση του, μιας και το νερό που περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων σχηματίζει αδιάλυτες ενώσεις με τους σάπωνες και μαζί με ορισμένα ανιόντα δημιουργούν κρούστα.

Σάπωνες είναι τα μόρια στα οποία οφείλεται η καθαριστική ικανότητα των απορρυπαντικών και του σαπουνιού στα οποία όμως μειώνεται η δραστηριότητα τους όταν το νερό είναι σκληρό, επειδή χρειάζεται να καταναλωθεί αρκετή ποσότητα μέχρι να απομακρυνθούν τα ιόντα στο νερό και έτσι να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καθαριστικό μέσο.⁽³⁵⁾

Συνήθως, η σκληρότητα παρουσιάζεται ως η ισοδύναμη συγκέντρωση σε CaCO_3 και εκφράζεται σε ppm(mg/L), ενώ έχει ορισμένες μορφές όπως :

- **Παροδική (ανθρακική) σκληρότητα:** οφείλεται στην παρουσία όξινων ανθρακικών αλάτων ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, MgCO_3) και ονομάζεται έτσι εξαιτίας του ότι το ασβέστιο μπορεί να απομακρυνθεί ως ίζημα CaCO_3 μετά από θέρμανση.
- **Μόνιμη (μη ανθρακική) σκληρότητα:** οφείλεται σε άλλα άλατα (κυρίως διαλυμένο CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , MgCl_2) και έχει αυτό το όνομα λόγω του ότι δεν μειώνεται η συγκέντρωσή τους με θέρμανση.
- **Ολική σκληρότητα:** Το άθροισμα της ανθρακικής και μη ανθρακικής σκληρότητας δίνουν ως αποτέλεσμα την ολική σκληρότητα.

Όταν η ολική σκληρότητα έχει μεγαλύτερη τιμή από την παροδική σκληρότητα, τότε η διαφορά τους δίνει τη μόνιμη σκληρότητα, ενώ όταν η ολική σκληρότητα είναι ίση ή μικρότερη από την ανθρακική σκληρότητα, τότε η ολική σκληρότητα αναφέρεται ως ανθρακική (παροδική) και η μη ανθρακική (μόνιμη σκληρότητα) απουσιάζει.⁽⁶⁾

Η σκληρότητα έχει ως μονάδα μέτρησης τους Γαλλικούς ή Γερμανικούς βαθμούς στους οποίους γίνεται αναγωγή καθώς κατά τον προσδιορισμό τα αποτελέσματα βγαίνουν σε mg/L. Πιο συγκεκριμένα η αντιστοιχία είναι:

1. 1mg CaCO_3 =1 Γαλλικός Βαθμός
2. 1mg CaO =1 Γερμανικός Βαθμός

Ανάλογα με τη σκληρότητα δείγματος νερού έχουμε:

1. Μαλακό νερό: 0-100 mg/LCaCO₃
2. Μέσης σκληρότητας νερό: 100-200 mg/LCaCO₃
3. Σκληρό νερό: 200-300 mg/LCaCO₃
4. Πολύ σκληρό νερό: >300 mg/LCaCO₃ ⁽⁴⁶⁾

Ο προσδιορισμός της σκληρότητας στο νερό είναι πολύ σημαντικός μιας και μας βοηθάει να προσδιορίσουμε τη γεωμορφολογία της περιοχής από την οποία περνάει. Γνωρίζοντας ότι η Ελλάδα είναι χώρα με αυξημένη ασβεστολιθική σύσταση αναμένουμε τα νερά να έχουν αυξημένη σκληρότητα, με συνέπεια να διαβρώνει όχι μόνο το έδαφος αλλά και τις σωληνώσεις από τις οποίες περνάει καθώς και όποια συσκευή λειτουργεί με αυτό (πλυντήρια, λέβητες, πύργοι ψύξης κ.λ.π.). Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία η σκληρότητα στο πόσιμο νερό δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 50mg/LCaCO₃ ή εναλλακτικά να κυμαίνεται από 10 έως 50 γαλλικούς βαθμούς. ⁽³⁵⁾

➤ ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ

Τα χλωριόντα στο νερό προέρχονται συνήθως από φυσικές πηγές αποσάθρωσης εδαφών (εβαπορίτες), από βιομηχανικά απόβλητα ή από λύματα, από την εισροή θαλασσινού νερού στον υδροφόρο ορίζοντα λόγω υπεραντλήσεων καθώς και από αστικές επιφανειακές απορροές που περιέχουν ουσίες που χρησιμοποιούνται για την τήξη του πάγου και του χιονιού. ⁽⁴²⁾ Όσο αυξημένη είναι η συγκέντρωση των χλωριόντων στο νερό τόσο αυξάνεται η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού καθώς και ο βαθμός διάβρωσης των μετάλλων στο σύστημα διανομής συναρτήσει της αλκαλικότητας του νερού. Τα χλωριόντα αποτελούν ένα συντηρητικό δείκτη ο οποίος δε μεταβάλλεται χημικά και μπορεί μόνο να απομακρυνθεί με καθίζηση.

Αξίζει να σημειωθεί βέβαια, ότι η φόρτιση του εδάφους και του νερού με τα χλωριόντα γίνεται και μέσω της βροχής, ενώ έχει παρατηρηθεί ότι το βρόχινο νερό στη ζώνη της ακτογραμμής έχει συγκέντρωση ιόντων που κυμαίνεται μεταξύ 1-20mg/L, ενώ στην ενδοχώρα δεν ξεπερνάει το 1mg/L. ⁽⁴⁶⁾

Παρ' όλα αυτά η σημαντικότερη πηγή έκθεσης του ανθρώπου στα χλωριόντα είναι από την προσθήκη αλατιού στα τρόφιμα, όπου μέσα από αυτά η πρόσληψη σε αλάτι είναι πολύ μεγαλύτερη συγκριτικά με την πρόσληψη μέσω του πόσιμου νερού. Πέρα όμως από την έκθεση των ανθρώπων στο χλωριούχο νάτριο λόγω της τροφής, αυτή είναι ίσως και η μεγαλύτερη πηγή απόθεσης των ιόντων στα αστικά λύματα. Γενικά, τα ιόντα χλωρίου δεν έχουν επιβλαβή επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνουν στο νερό γλυφή γεύση ενώ η ενδεικτική τιμή για το πόσιμο νερό είναι 200 mg/L κατά την Οδηγία 98/83/EK.

Για τον προσδιορισμό τόσο της σκληρότητας όσο και των χλωριόντων χρησιμοποιείται η τεχνική της ογκομέτρησης. Συγκεκριμένα με αυτή τη μέθοδο εξετάζουμε τον ποσοτικό προσδιορισμό μιας ουσίας με μέτρηση του όγκου ενός πρότυπου διαλύματος που απαιτείται, για την πλήρη αντίδρασή του δείγματος με το πρότυπο διάλυμα. Για την πραγματοποίηση αυτής της μεθόδου το κύριο εργαστηριακό όργανο που χρησιμοποιούμε είναι η προχοΐδα μέσα στην οποία εναποθέτουμε το πρότυπο διάλυμα. Έπειτα το ογκομετρούμενο διάλυμα τοποθετείται σε μια κωνική φιάλη. Χάρη αυτής της μεθόδου γνωρίζουμε τον ακριβή όγκο του πρότυπου διαλύματος που χρησιμοποιήσαμε κάνοντας την αφαίρεση ($V_{\chi} = V_{\alpha\rho\chi} - V_{\tau\epsilon\lambda}$). Η ογκομετρική διαδικασία περιλαμβάνει το ισοδύναμο σημείο στο οποίο έχει προστεθεί η ακριβής ποσότητα του πρότυπου διαλύματος για την ολοκλήρωση της αντίδρασης και το τελικό σημείο στο οποίο παρατηρείται πειραματικά η ολοκλήρωσή της. ⁽⁴⁴⁾

Μια τιτλοδότηση για να είναι ορθή και να μας δώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα θα πρέπει να πραγματοποιείται κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις. Ορισμένες απ' αυτές είναι οι εξής :

- Η αντίδραση τιτλοδότησης δεν πρέπει να είναι χρονοβόρα
- Θα πρέπει να υπάρχει όσο είναι δυνατόν μια σαφής και απότομη μεταβολή σε κάποια από τις ιδιότητες του διαλύματος κατά το τέλος της αντίδρασης (pH, χρώμα, αγωγιμότητα, δημιουργία ιζήματος κ.λπ.).
- Επίσης θα πρέπει να είναι ποσοτική η αντίδραση ούτως ώστε το τελικό σημείο σχεδόν να ταυτίζεται με το ισοδύναμο, εξαιτίας της απότομης μεταβολής στην παρατηρούμενη ιδιότητα του διαλύματος και κατά συνέπεια την ακριβέστερη προσέγγιση.⁽¹⁸⁾

Προκειμένου να γίνει αντιληπτό το τελικό σημείο ο συνηθέστερος τρόπος προσδιορισμού του είναι η χρήση δεικτών, ενώσεις που αλλάζουν χρώμα ανάλογα με το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται και έτσι η αλλαγή γίνεται αντιληπτή με γυμνό μάτι από τον αναλυτή.⁽⁴⁴⁾

➤ ΘΕΙΚΑ ΙΟΝΤΑ

Τα θειικά ιόντα είναι ευρέως διαδεδομένα στα φυσικά νερά και προσδίδουν μία δυσάρεστη οσμή και γεύση σε αυτά. Ένα από τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια στη βιομηχανία είναι το θειικό οξύ, ο θειούχος σίδηρος και άλλα θειούχα και θειικά άλατα.

Απαντάται κυρίως στην ατμόσφαιρα ως δευτερογενής ρύπος ενώ ενσωματώνεται στα σταγονίδια των κατακρημνισμάτων δημιουργώντας το φαινόμενο της όξινης βροχής και επιφορτίζοντας έτσι το έδαφος και τα επιφανειακά νερά με θειικά ιόντα. Ακόμη, εντοπίζονται σε ιζηματογενή πετρώματα υπό τη μορφή θειικού ασβεστίου ή θειικού πυριτίου. Παρουσία οργανικής ύλης τα θειικά μπορεί να αναχθούν κυρίως σε υδρόθειο το οποίο έχει δυσάρεστη οσμή και διαβρώνει τους αγωγούς μεταφοράς νερού. Γενικά το θείο και οι ενώσεις του προκαλούν προβλήματα οσμών και διαβρώσεων.⁽³³⁾

Τα θειικά άλατα του μαγνησίου και του νατρίου αποτελούν για τον ανθρώπινο οργανισμό ισχυρά καθαρτικά και αύξηση της συγκέντρωσής τους δύναται να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα υγείας ενώ τα θειικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου προκαλούν υπατική δράση. Η επιτρεπτή συγκέντρωσή του στο πόσιμο νερό ανέρχεται στα 250 mg/L αν και καλό θα είναι η τιμή να μην υπερβαίνει τα 50mg/L.⁽³³⁾

4 ΧΩΡΟΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΠΛΑΤΑΝΙΑ – ΑΓ. ΜΑΡΙΝΑ ΧΑΝΙΩΝ

Η ποιότητα του θαλασσινού νερού και η ισορροπία των αντίστοιχων οικοσυστημάτων έχει απασχολήσει ιδιαίτερα τους επιστήμονες ανά τον κόσμο, ενώ το ενδιαφέρον φαίνεται να επικεντρώνεται σε λιμάνια και κλειστούς κόλπους όπου τα νερά είναι περιορισμένης κινητικότητας και επομένως η δυνατότητα αραίωσης του ρυπαντικού φορτίου είναι μικρή. Παρ'όλα αυτά και οι ακτές δεν μένουν εκτός έρευνας μιας και αποτελούν πόλο έλξης και δύναται να επηρεάσουν σημαντικότερα την υγεία του ανθρώπου.

Κατά μήκος του βόρειου άξονα της Κρήτης στους δήμους Χανίων και Πλατανιά, οι περιοχές Άγιοι Απόστολοι, Αγία Μαρίνα και Πλατανιά τα τελευταία χρόνια δέχονται τεράστια πίεση από τον ολοένα αυξανόμενο τουρισμό με συνέπεια την επιβάρυνση του φυσικού περιβάλλοντος και ιδιαίτερα των ακτών. Η παράνομη διάθεση λυμάτων, η παρουσία πλήθους λουόμενων και σκαφών, η αύξηση των απορριμμάτων, των υγρών αποβλήτων καθώς και των φερτών υλικών, όπως επίσης και η αύξηση των οικοδομικών εργασιών προς ανέγερση ξενοδοχείων έχει διαταράξει την ισορροπία της φύσης αλλά και την ποιότητα του υδάτινου περιβάλλοντος.

Η παρούσα πτυχιακή έγινε προκειμένου να απεικονιστεί η ποιότητα των υδάτων στις παραπάνω περιοχές και να διευκρινιστεί όσο είναι δυνατόν, το μέγεθος της επιρροής από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα. Ο λόγος που οδήγησε στο συγκεκριμένο θέμα είναι η ανησυχία για την κατάσταση της ποιότητας των υδάτων που μας περιβάλλουν και το κατά πόσο μπορούν να την επηρεάσουν οι ανθρώπινες δραστηριότητες. Επιπλέον ως άμεσα ενδιαφερόμενοι προβληματιζόμαστε σχετικά με τα κολυμβητικά ύδατα τα οποία αποτελούν μέρος όχι μόνο της δικής μας καθημερινότητας αλλά και πλήθους τουριστών που παραθερίζουν στην περιοχή και έρχονται σε άμεση επαφή με το νερό αυτό.

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η Κρήτη σε γενικές γραμμές διαθέτει πλούσιο φυσικό περιβάλλον με ιδιαίτερη και ποικιλόμορφη γεωμορφολογία καθώς και εύκρατο κλίμα που ευνοεί την ανάπτυξη γεωργικών και κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων. Βρίσκεται στο ανατολικό άκρο της Μεσογείου και στο νότιο τμήμα της Ελλάδας ενώ βρέχεται στον βορρά από το Κρητικό πέλαγος, στο νότο από το Λιβυκό πέλαγος και στα δυτικά τείνει να επηρεάζεται από το Ιόνιο.^(48/49)

➤ ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Όσον αφορά το κλίμα της περιοχής που εξετάζουμε χαρακτηρίζεται ως εύκρατο μεσογειακό, με θερμό και ξηρό καλοκαίρι ενώ ο χειμώνας είναι ήπιος αλλά αρκετά βροχερός. Στους ορεινούς όγκους του νησιού παρατηρείται μια μεταβολή, με χαρακτηριστικά ηπειρωτικού κλίματος. Συγκεκριμένα για τον νομό Χανίων έχει παρατηρηθεί ότι οι βροχοπτώσεις είναι αρκετά πιο έντονες και πιο συχνές από την υπόλοιπη Κρήτη. Το Κρητικό πέλαγος τείνει να επιδρά στο αιολικό δυναμικό της περιοχής ενώ το Ιόνιο πέλαγος επιδρά στο ποσοστό βροχοπτώσεων, δίνοντας μεγάλα ύψη βροχών κυρίως στα δυτικά. Λόγω της έκτασης του νησιού είναι δύσκολο να καθοριστούν ενιαία μεγέθη ως προς τις θερμοκρασίες, τα ύψη βροχής κ.λπ. Παρόλα αυτά σε γενικές γραμμές οι πιο βροχεροί μήνες θεωρούνται ο Δεκέμβριος και ο Φεβρουάριος χωρίς αυτό

να σημαίνει ότι τους υπόλοιπους μήνες απουσιάζουν οι βροχοπτώσεις. Γενικά, οι εντάσεις των βροχοπτώσεων στη περιοχή μπορούν να θεωρηθούν υψηλές και ικανές να προκαλέσουν κατά τόπους προβλήματα πλημμυρών, ενώ και οι επιφανειακές απορροές που δημιουργούν επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τις θάλασσες στις οποίες καταλήγουν.⁽⁴⁷⁾

Στην περιοχή μελέτης σύμφωνα με τον μετεωρολογικό σταθμό Χανίων το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι τα 664mm. Η μέση θερμοκρασία κατά τους καλοκαιρινούς μήνες προσδιορίζεται στους 24°C ενώ η μορφολογία του τόπου ευνοεί συνήθως τους βορειοδυτικούς ανέμους.⁽⁴⁸⁾

➤ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Όσον αφορά τη μορφολογία του νομού Χανίων, αυτή περιλαμβάνει έντονες πτυχώσεις με βαθιές κοιλάδες αλλά και λοφώδεις και ορεινούς όγκους. Μεγάλο τμήμα του αποτελείται από ορεινά τμήματα ενώ το υπόλοιπο είναι πεδινό με έντονη γεωργική ανάπτυξη και παράκτιο με έντονη τουριστική ανάπτυξη. Αξίζει να σημειωθεί η παρουσία του ποταμού Κερίτης ή Ιορδανού ποταμού (αναφορικά με τις εκβολές του) ο οποίος βρίσκεται 13 χλμ. δυτικά των Χανίων στο χωριό Πλατανιά και αποτελεί τόπο παρατήρησης της πανίδας κατά τη διάρκεια της μετανάστευσης των πτηνών. Ο Κερίτης, διασχίζοντας μεγάλο μέρος του νομού Χανίων, με πηγές στα Λευκά Όρη σε υψόμετρο 1900μ., και επιφανειακή απορροή περί τα 60 *106 m³ / έτος, είναι πηγή άρδευσης των γύρω γεωργικών περιοχών ενώ παράλληλα αποτελεί και δέκτη των απορροών των κατακρημνισμάτων.⁽¹⁹⁾ Είναι συνεχούς ροής και δύναται να μεταφέρει στη θάλασσα όλο το φορτίο που λαμβάνει από την ευρύτερη περιοχή η οποία αποτελείται κυρίως από καλλιέργειες. Συνεπώς το φορτίο του ποταμού αναμένεται να είναι πλούσιο σε νιτρικά και φωσφορικά άλατα. Από τον Φεβρουάριο του 2008 έχει ξεκινήσει να παρακολουθείται η μεταβολή της ηλεκτρικής του αγωγιμότητας, ενώ η ευρύτερη περιοχή έχει χαρακτηριστεί Natura 2000.⁽⁴⁹⁾

Σημαντική είναι βέβαια και η παρουσία αρκετών χειμάρρων και πηγών στην περιοχή, αποτέλεσμα της εναλλαγής διαπερατών και αδιαπερατών γεωλογικών σχηματισμών. Οι χειμάρροι αυτοί είναι συνήθως ξεροί κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, το χειμώνα όμως παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην επιφανειακή απορροή των κατακρημνισμάτων. Τα μεγαλύτερα ποτάμια του νομού Χανίων είναι ο Ταυρωνίτης, ο Κλαδισός, ο Μορώνης και ο Κοιλιάρης ενώ οι λίμνες που ολοκληρώνουν τη γεωμορφολογία της περιοχής είναι αυτές της Αγίας και της Μαχαιρίδας, όλα σε αρκετά μεγάλη απόσταση για να επηρεάζουν τις μετρήσεις μας.^(48/49)

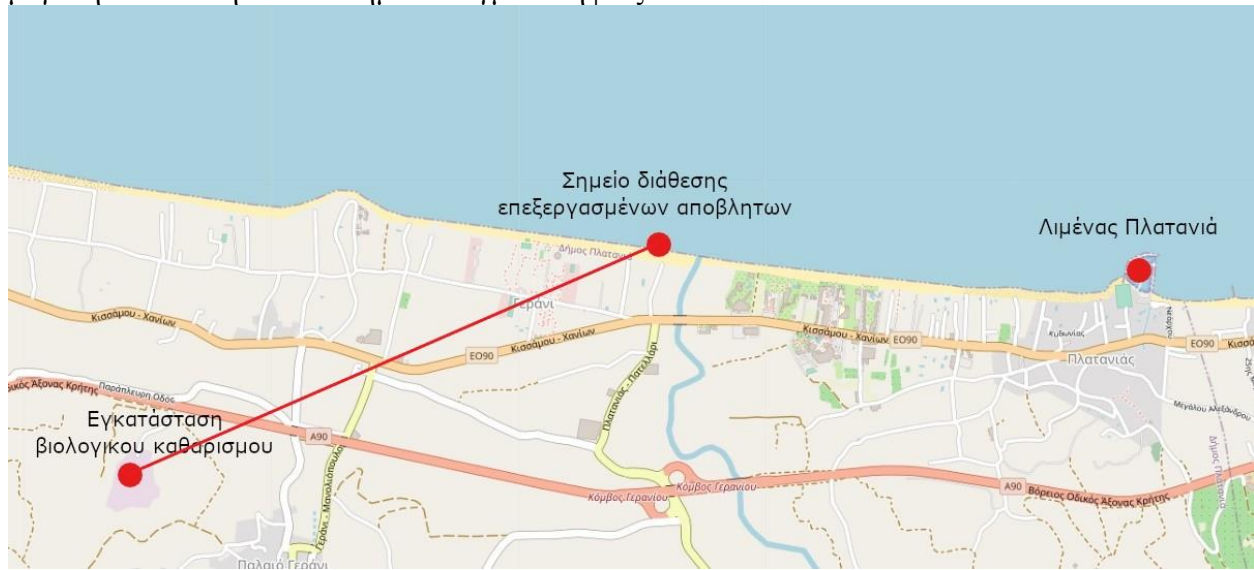
➤ ΔΙΑΧΕΡΙΣΗ ΑΣΤΙΚΩΝ ΛΥΜΑΤΩΝ

Στον νομό Χανίων η αποχέτευση των λυμάτων πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

1. Από το δίκτυο αποχέτευσης λυμάτων της Δ.Ε.Υ.Α.Β.Α (Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης βόρειου άξονα) για τον Πλατανιά και τη Δ.Ε.Υ.Α.Χ (Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης Αποχέτευσης Χανίων) για τα Χανιά, με αγωγούς μεταφοράς λυμάτων με αντλιοστάσια, Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) και υποθαλάσσιο αγωγό διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων στην θάλασσα.
2. Από ιδιωτικούς βόθρους ή σηπτικές και στεγανές δεξαμενές και σε ελάχιστες περιπτώσεις από ιδιωτικούς βιολογικούς καθαρισμούς.

Αυτό σημαίνει ότι τα λύματα καταλήγουν στον βιολογικό καθαρισμό και από κει στην θάλασσα. Οι εγκαταστάσεις του βιολογικού καθαρισμού για το Δήμο Πλατανιά βρίσκονται στο χωριό Γεράνι και η παροχέτευση των επεξεργασμένων λυμάτων γίνεται στη θάλασσα σε σχετικά μικρή απόσταση από τον λιμενίσκο του Πλατανιά και σε απόσταση περίπου 1000 μέτρων από την ακτή κολύμβησης όπως φαίνεται και στην εικόνα 4. Η ΕΕΛ είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να εξυπηρετεί τις ανάγκες 30.000 κατοίκων και στη διαδικασία επεξεργασίας περιλαμβάνεται τριτοβάθμια επεξεργασία με χλωρίωση και απομάκρυνση θρεπτικών.^(48/49) Αξίζει να

αναλογιστούμε τι επιπτώσεις μπορεί να υπάρχουν για τον υδροφόρο ορίζοντα και κατ' επέκταση για τις θάλασσες του νομού Χανίων η παρουσία βόθρων και τυχόν διαρροή αυτών. Όσον αφορά το δήμο Χανίων ο σταθμός επεξεργασίας αποβλήτων βρίσκεται στην περιοχή Κουμπελή, σε μεγάλη απόσταση από τα σημεία δειγματοληψίας.



Εικόνα 4: Τοποθεσία του βιολογικού καθαρισμού σε σύγκριση με το σημείο απόθεσης των λυμάτων και του λιμένα Πλατανιά (GoogleEarth)

➤ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

Αναφορικά με τις δραστηριότητες με τις οποίες ασχολούνται οι κάτοικοι του νομού Χανίων αυτές περιλαμβάνουν κατά κόρον τη γεωργία και την κτηνοτροφία στον πρωτογενή τομέα (35% απασχολησιμότητα), και τις τουριστικές επιχειρήσεις στον τριτογενή τομέα (50% απασχολησιμότητα).

Στο μεγαλύτερο μέρος του νομού Χανίων εντοπίζεται ασυνεχής δόμηση και ελαιοκαλλιέργειες σε ποσοστό 50-55% περίπου της γεωργικής γης, ενώ και οι οπωρώνες καλύπτουν μεγάλη έκταση της ευρύτερης περιοχής. Σε μικρότερα ποσοστά παράγονται κάστανα, γαλακτοκομικά προϊόντα, κρέας, κρασί, μέλι, σύκα, καρύδια, φρούτα και λαχανικά. Οι αρδευόμενες εκτάσεις αγγίζουν το 34% της συνολικής γεωργικής γης.

Όσον αφορά τον τομέα της κτηνοτροφίας υπάρχουν μικρές οικογενειακές μονάδες εκτροφής αιγοπροβάτων. Η ορνιθοτροφία και η εκτροφή κουνελιών είναι αμελητέα. Από τον τριτογενή τομέα τη μεγαλύτερη ανάπτυξη γνωρίζουν οι τουριστικές και επισιτιστικές μονάδες ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια.

Η δυναμικότητα των ξενοδοχειακών μονάδων για το δήμο Πλατανιά μόνο αγγίζει σε συνολικό αριθμό κλινών τις 14.227 όπως καταγράφηκε το 2014 από το Ξενοδοχειακό Επιμελητήριο Ελλάδος. Παράλληλα με τον τουρισμό πολύ σημαντική είναι και η άνθιση του οικοδομικού τομέα, λόγω της συνεχούς ανοικοδόμησης καινούριων ξενοδοχείων αλλά και της ανακαίνισης των παλαιών, όπως συνηθίζεται να γίνεται κατά τους χειμερινούς μήνες. ⁽⁴⁸⁾

ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Τα σημεία δειγματοληψίας ήταν τα παρακάτω:

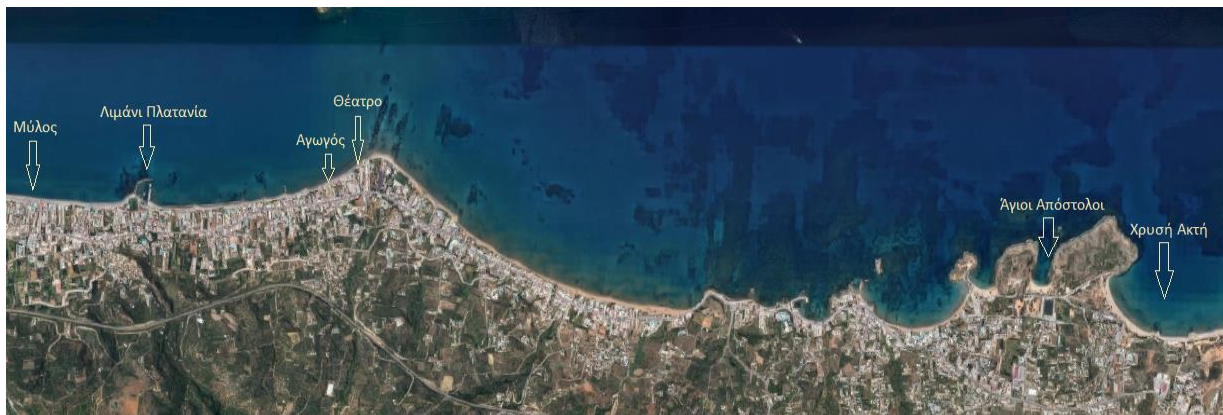
1. Λιμάνι Πλατανιά
 - γωνία λιμανιού(1)
 - έξοδος λιμανιού(2)
 - θάλασσα Πλατανιά(3)
2. Ακτές
 - Μύλος (Πλατανιάς)
 - Θέατρο (Αγία Μαρίνα)
 - Άγιοι Απόστολοι (Άγιοι Απόστολοι)
 - Χρυσή ακτή (Άγιοι Απόστολοι)
3. Αγωγός (Αγία Μαρίνα)

Στο λιμάνι του Πλατανιά λήφθηκαν δείγματα εξαιτίας της ανησυχίας που επικρατεί περί διαρροής αστικών λυμάτων στη θάλασσα από σκάφη με ελλιπή συντήρηση. Οι δειγματοληψίες έλαβαν χώρα κατά την διάρκεια ενός υδρολογικού κύκλου τις ημερομηνίες: 30/3/2015, 28/4/2015, 4/6/2015, 1/7/2015, 16/11/2015, 16/12/2015 και 11/1/2016. Στις 16/11 η λήψη δείγματος από το σημείο 3 του Πλατανιά ήταν ανέφικτη λόγω έντονου κυματισμού.

Από τις ακτές λήφθηκαν δείγματα προκειμένου να προσδιοριστεί το μικροβιολογικό φορτίο που υπάρχει κατά την κολυμβητική περίοδο. Οι ακτές που επιλέχθηκαν για δειγματοληψία αποτελούν τους δημοφιλέστερους προορισμούς στο νομό Χανίων για παραθερισμό και λόγω του γεγονότος αυτού ενδέχεται η ποιότητα των υδάτων να είναι επιβαρυνμένη. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν στις 4/5/2015 και στις 1/7/2015 με κύριο σκοπό να προσδιοριστεί το μικροβιολογικό τους φορτίο. Στη μία εκ των δυο δειγματοληψιών, πέραν του μικροβιολογικού έγινε πλήρης χημική ανάλυση όπως και σε όλα τα υπόλοιπα δείγματα, για να έχουμε μια γενική εικόνα της κατάστασης των παραλιών αυτών.

Τέλος, λήφθηκε δείγμα από την εκροή αγωγού που απορρέει στην παραλία της Αγίας Μαρίνας, ανάμεσα σε ξαπλώστρες και λουόμενους, προκειμένου να μετρηθεί η ποιότητα και το φορτίο της απορροής και ίσως από τα αποτελέσματα να εντοπιστεί η πηγή του.

Τα σημεία δειγματοληψίας εκτείνονται σε μήκος 9 χιλιομέτρων και παρόλο που χωρίζονται σε δυο δήμους οι διαφορές μεταξύ αυτών ως προς τη μορφολογία και τις χρήσεις γης είναι αμελητέες λόγω της μικρής απόστασης



Εικόνα 5: Τα σημεία δειγματοληψίας στον Βορειοδυτικό άξονα τον νομού Χανίων. Πηγή: GoogleEarth

Στην εικόνα 5 παρουσιάζονται συγκεντρωμένα όλα τα σημεία δειγματοληψίας. Σύμφωνα με την Ειδική Γραμματεία Υδάτων και την Ταυτότητα Υδάτων Κολύμβησης, οι ακτές που μελετώνται στην παρούσα πτυχιακή εργασία εντάσσονται ως εξής:

- Στο Υδατικό Διαμέρισμα Κρήτης
- Στη Λεκάνη Απορροής Ρεμάτων Βορείου Τμήματος Χανίων-Ρεθύμνου-Ηρακλείου
- Στο Παράκτιο Υδατικό Σύστημα «Ακτές κόλπου Χανίων»

Σύμφωνα με τον σταθμό εποπτικής παρακολούθησης που υπάρχει στο Υδατικό Σύστημα Κρήτης και τον έλεγχο που πραγματοποίησε το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) το 2008 η οικολογική ισορροπία της θαλάσσιας περιοχής που ανήκει στις ακτές κόλπου Χανίων έχει χαρακτηριστεί ως καλή. Παρά τον όγκο των θρεπτικών συστατικών που καταλήγει στη θάλασσα λόγω της ανεπτυγμένης γεωργίας, τα νερά σε γενικές γραμμές φαίνονται διαυγή και καθαρά ως αποτέλεσμα του βάθους και της ανοιχτής θάλασσας που δεν εμποδίζει τα ρεύματα να λειτουργούν και να συνεισφέρουν στην αραίωση των ρύπων. Επομένως η θάλασσα κρίνεται χαμηλής επικινδυνότητας στο φαινόμενο του ευτροφισμού, δεν ισχύει το ίδιο όμως και για το μικροβιολογικό φορτίο το οποίο φαίνεται να επηρεάζεται όχι μόνο από την εκροή λυμάτων στη θάλασσα, αλλά και από το μικροβιολογικό των κατοικίδιων ζώων των οποίων η παραμονή στην παραλία επιτρέπεται.⁽⁵⁰⁾

➤ ΑΚΤΗ ΠΛΑΤΑΝΙΑ



Εικόνα6: Ακτή Πλατανιά. Σημείο δειγματοληψίας: Μύλος. Πηγή: GoogleEarth

Η παραλία του Πλατανιά χωρίζεται σε 2 μέρη, το ένα αριστερά του λιμένα Πλατανιά το οποίο αναγνωρίστηκε ως ακτή κολύμβησης το 1990 και το άλλο δεξιά του λιμένα Πλατανιά το οποίο ορίστηκε ως ακτή κολύμβησης μόλις το 2005. Έκτοτε ξεκίνησε η συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων στη συγκεκριμένη περιοχή με βάση τα όσα ορίζει ο νόμος για τα νερά κολύμβησης. Έχει βόρειο προσανατολισμό ο οποίος ευνοεί την περιοχή ως προς τους έντονους ανέμους και τον κυματισμό αλλά παράλληλα αποτρέπει παρουσία ισχυρών ρευμάτων και φαινομένων παλίρροιας. Θεωρείται τμήμα του ανοικτού κόλπου των Χανίων με έκταση 10χλμ. Ενώ το συγκεκριμένο τμήμα έχει μήκος 2.620μ. και πλάτος 30-45μ. κατά προσέγγιση. Αποτελείται κυρίως από άμμο και κατά τόπους μικρά βότσαλα, ενώ η κλίση του βυθού είναι ήπια και υπολογίζεται ότι σε απόσταση 120 μέτρων το βάθος είναι περίπου 5μ. Η παραλία είναι οργανωμένη και έχει βραβευτεί με γαλάζια σημαία(2002, 2006-2016). Η παράκτια ζώνη, αποτελεί οικιστική περιοχή ενώ είναι τροποποιημένη έτσι ώστε να φιλοξενεί κατοικίες και ξενοδοχεία κατά μήκος της. Στα όρια μεταξύ ακτής και παράκτιας περιοχής παρατηρείται θαμνώδης βλάστηση που αποτελείται από θίνες με αγρωστώδη και καλάμια.⁽⁵¹⁾ Το σημείο από το οποίο έγινε η δειγματοληψία ονομάζεται «Μύλος» και έχει συντεταγμένες 35.519566, 23.903649 (εικόνα 6).

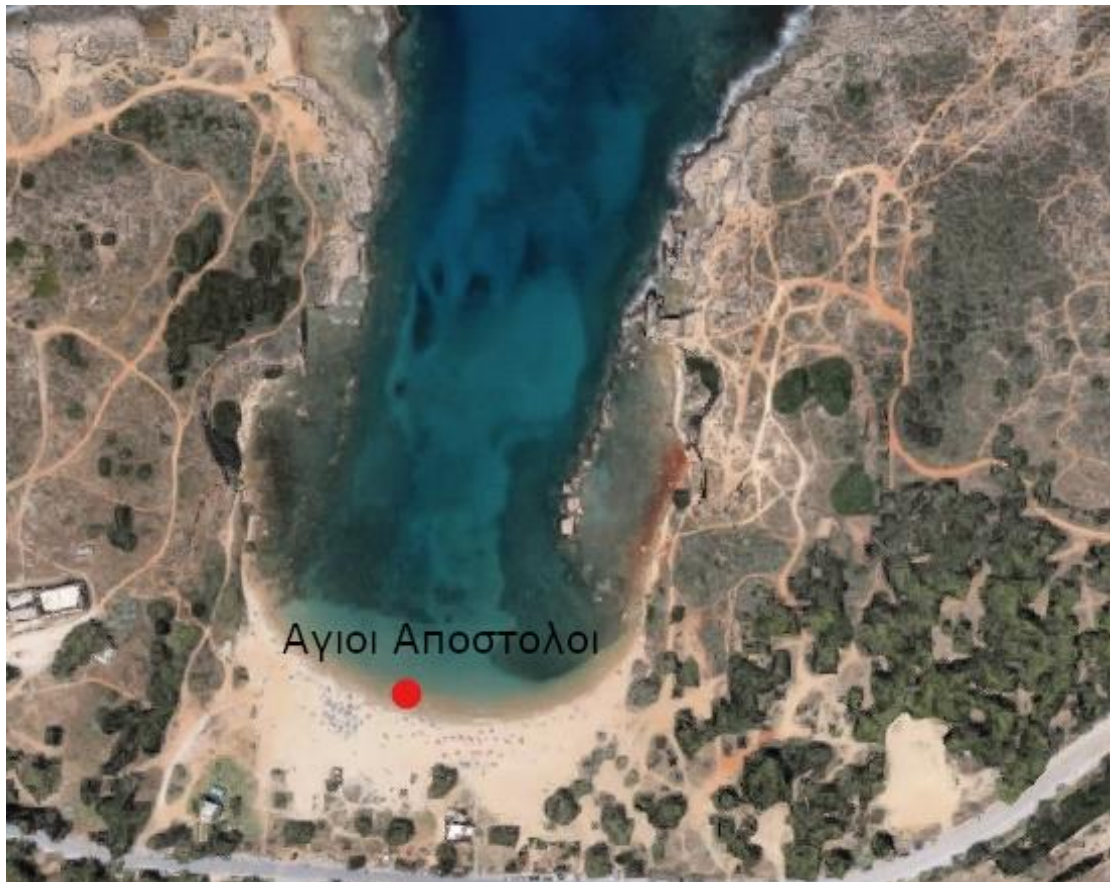
➤ ΑΚΤΗ ΑΓΙΑΣ ΜΑΡΙΝΑΣ



Εικόνα 7: Ακτή Αγίας Μαρίας. Σημείο δειγματοληψίας: Θέατρο. Σύγκριση με τη θέση του αγωγού. Πηγή: GoogleEarth

Η παραλία της Αγίας Μαρίας ανήκει όπως και του Πλατανιά στον ανοικτό κόλπο Χανίων και σε γενικές γραμμές έχει τα ίδια χαρακτηριστικά. Καταλαμβάνει μήκος 2100μ και πλάτος περί τα 25-30μ. ανάλογα το σημείο, ενώ ορίστηκε ως ακτή κολύμβησης το 2014. Η θάλασσα είναι περισσότερο αβαθής και επηρεάζεται σε μεγαλύτερο βαθμό συγκριτικά με αυτή του Πλατανιά από την συγκέντρωση ρυπαντικού φορτίου και θρεπτικών συστατικών. Παρ' όλα αυτά ο κίνδυνος εμφάνισης ευτροφισμού είναι μικρός λόγω της θέσης της ακτής.⁽⁵¹⁾ Το σημείο δειγματοληψίας ονομάζεται «Θέατρο» και έχει συντεταγμένες 35.521165, 23.928145 (εικόνα 7).

➤ ΑΚΤΗ ΑΓΙΩΝ ΑΠΟΣΤΟΛΩΝ



Εικόνα 8: Κόλπος Αγίων Αποστόλων και ομώνυμο σημείο δειγματοληψίας. Πηγή: GoogleEarth

Η παραλία των Αγίων Αποστόλων αποτελεί κόλπο 3χλμ. Δυτικά των Χανίων με προσανατολισμό βόρειο και αναγνωρίστηκε ως ακτή κολύμβησης το 1990. Η ακτή έχει μήκος 180μ και πλάτος 35μ., ήπια κλίση και βάθος περίπου 5μ σε απόσταση 220μ από την ακτή. Ο βυθός της θάλασσας όπως και η παράκτια ζώνη είναι αμμώδης, ενώ δεν σημειώνονται σημαντικές οικιστικές παρεμβάσεις, αντ' αυτού εντοπίζεται ποώδης βλάστηση, αλμυρικά και πεύκα. Η ευρύτερη περιοχή αποτελείται από ελαιοκαλλιέργειες, χορτολιβαδική και ποολιβαδική βλάστηση. Σύμφωνα με την Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ) η παραλία των Αγίων Αποστόλων δεν διατρέχει κίνδυνο ευτροφισμού παρά το γεγονός ότι είναι κλειστός κόλπος λόγω του βάθους των νερών και της έλλειψης απορροής ρυπαντικού φορτίου.⁽⁵¹⁾ Το σημείο δειγματοληψίας ονομάζεται «Άγιοι Απόστολοι» και έχει συντεταγμένες 35.514257, 23.983347 (εικόνα 8).



Εικόνα 9: Κόλπος Χρυσής Ακτής και ομώνυμο σημείο δειγματοληψίας. Πηγή: GoogleEarth

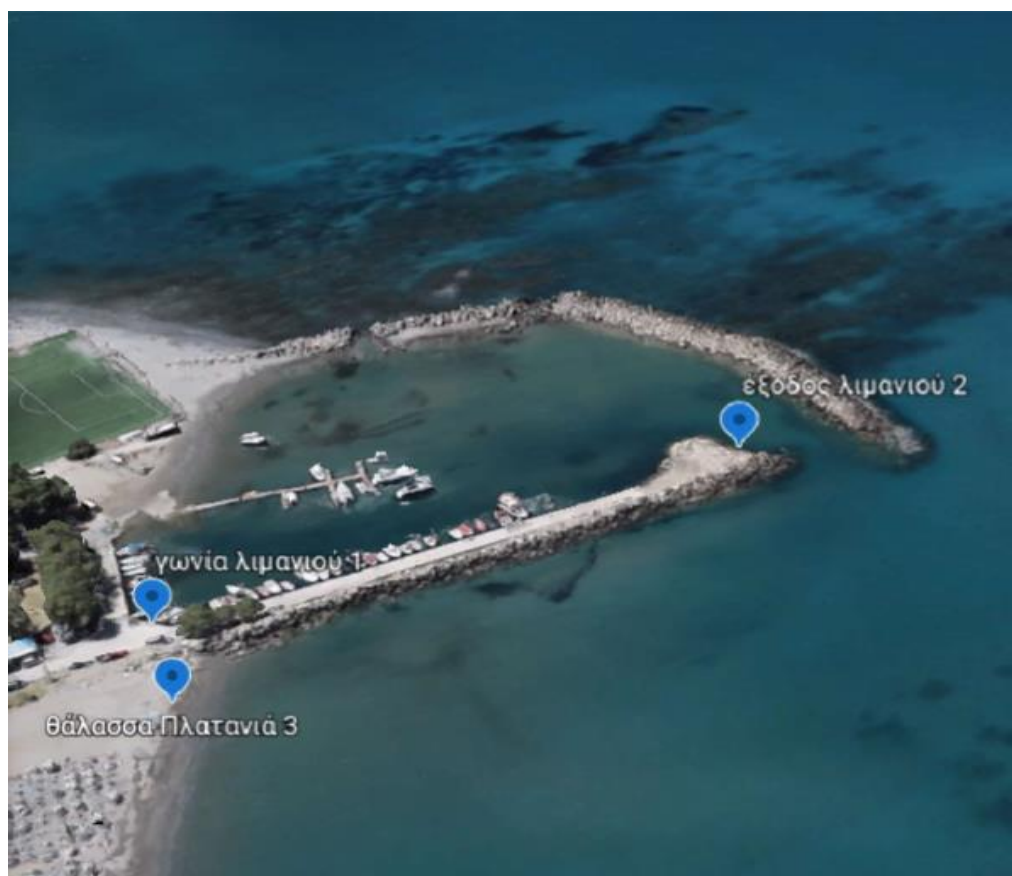
Η παραλία της Χρυσής Ακτής αποτελεί τμήμα ενός ευρύτερου κόλπου μήκους 2.300μ με την ακτή αυτή καθαυτή να καταλαμβάνει μήκος 530μ., πλάτος 45μ. και με χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά της παραλίας των Αγίων Αποστόλων. Ο προσανατολισμός της παραλίας είναι ανατολικός, ενώ προς την ίδια κατεύθυνση της ακτής εντοπίζεται ρέμα διαλείπουσας ροής. Αναγνωρίστηκε ως ακτή το 1990 και το 2014 κατάφερε να κερδίσει γαλάζια σημαία. Ο κίνδυνος εμφάνισης ευτροφισμού φαίνεται να είναι χαμηλός.⁽⁵¹⁾ Το σημείο δειγματοληψίας ονομάζεται «Χρυσή Ακτή» και έχει συντεταγμένες 35.512222, 23.990264 (εικόνα 9).

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 10, τα δυο σημεία βρίσκονται σχετικά κοντά σε απόσταση επομένως η γεωμορφολογία της ευρύτερης περιοχής (βλάστηση, καλλιέργειες, οικιστική ανάπτυξη) είναι ίδια. Αυτό σημαίνει πως δεν υπάρχουν διαφορετικοί παράγοντες που επηρεάζουν τα ύδατα εκτός από έναν. Το μέγεθος του κόλπου. Συνεπώς αξίζει να μελετήσουμε τις διαφορές που υπάρχουν στην ποιότητα των υδάτων του κάθε κόλπου, προκειμένου να εντοπίσουμε αν οι Άγιοι Απόστολοι που είναι μικρότερος κόλπος έχει περισσότερες πιθανότητες να συγκεντρώνει ρυπαντικό φορτίο σε σύγκριση με τη Χρυσή Ακτή.



Εικόνα 10: Συγκριτική απεικόνιση των σημείων Άγιοι Απόστολοι και Χρυσή Ακτή. Αριστερά φαίνεται ο κόλπος των Αγίων Αποστόλων και δεξιά ο κόλπος της Χρ. Ακτής. Πηγή: Google Earth

➤ ΛΙΜΕΝΑΣ ΠΛΑΤΑΝΙΑ



Βρίσκεται στον δήμο Πλατανιά και στο ομώνυμο χωριό, 16χλμ δυτικά της πόλης των Χανίων. Ο λιμένας διαθέτει προσήνεμο μόλο από φυσικούς ογκόλιθους μήκους 205μ., υπήνεμο μόλο από φυσικούς ογκόλιθους μήκους 125μ., εσωτερική και παραλιακή κρηπίδωση από

Εικόνα 11: Σημεία δειγματοληψίας λιμένα Πλατανιά. Πηγή: GoogleEarth

ύφαλο έγχυτο σκυρόδεμα μήκους συνολικά 127,5μ. Φιλοξενεί δεκάδες σκάφη αναψυχής και ερασιτεχνικά αλιευτικά με μήκος όχι μεγαλύτερο των 8μ. ⁽⁴⁹⁾Στην εικόνα 11 παρουσιάζονται τα 3σημεία από τα οποία έγιναν δειγματοληψίες. Τα σημεία αυτά είναι η «Γωνία λιμανιού» με συντεταγμένες 35.519306, 23.912286, η «Έξοδος λιμανιού» με συντεταγμένες 35.520314, 23.912318 και η «Θάλασσα Πλατανιά» με συντεταγμένες 35.519301, 23.912522.

➤ ΑΓΩΓΟΣ



Εικόνα 12: Αγωγός, Παραλία Αγίας Μαρίνας. Συντεταγμένες: 35.520587, 23.926923. Πηγή: GoogleEarth

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 12, στην παραλία της Αγίας Μαρίνας εντοπίζεται η εκβολή αγωγού γλυκού νερού που προέρχεται από ρέμα της περιοχής. Στην εκβολή του αγωγού υπάρχουν καταστήματα εστίασης καθώς και ξενοδοχεία, ενώ ανάμεσα από δύο καταστήματα υπάρχει μπαζωμένο ρέμα του οποίου η απορροή είναι αυτή που θα μελετηθεί. Λόγω των αυξημένων τουριστικών δραστηριοτήτων της περιοχής καθώς και της αυξημένης αγροτικής ανάπτυξης το φορτίο του αγωγού να είναι επιβαρυνόμενο με τοξικές ουσίες.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

➤ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Είναι πολύ σημαντικό κατά την διαδικασία της δειγματοληψίας να τηρούνται όλοι οι κανόνες ούτως ώστε το δείγμα που θα φτάσει στο εργαστήριο να είναι αντιπροσωπευτικό της κατάστασης στην οποία βρίσκεται ο εκάστοτε υδάτινος όγκος, ενώ εξίσου σημαντικό είναι να αποφύγουμε τα σφάλματα στις μετρήσεις μας που μπορεί να προέκυψαν από λάθη κατά τη δειγματοληψία. Έτσι έχει δημιουργηθεί μια λίστα με της απαιτήσεις που πρέπει να πληρούνται προκειμένου να είναι σωστή και αντιπροσωπευτική η δειγματοληψία:

1. Το δείγμα να είναι αντιπροσωπευτικό της πραγματικής κατάστασης του περιβάλλοντος
2. Να μην υπάρξουν αλλοιώσεις στη σύσταση του δείγματος κατά τη δειγματοληψία
3. Να υπάρχει εύλογο χρονικό περιθώριο όσο μεγαλύτερο γίνεται ώστε να φτάσει το δείγμα στο εργαστήριο χωρίς αλλοιώσεις
4. Η δειγματοληψία να είναι επαναλήψιμη ώστε να υπάρχουν συγκρίσιμα αποτελέσματα
5. Η διαδικασία της δειγματοληψίας να μην είναι κοστοβόρα και χρονοβόρα ούτως ώστε να μην υπάρχει κώλυμα ως προς την επαναληψιμότητά της

6. Επιλογή κατάλληλων και σαφώς καθορισμένων σημείων δειγματοληψίας
7. Κατάλληλη προετοιμασία και καθορισμός των παραμέτρων που θα μετρηθούν επιτόπου
8. Επιλογή των κατάλληλων δοχείων στα οποία θα περισυλλεγεί το νερό και θα μεταφερθεί με ασφάλεια στο εργαστήριο
9. Κατάλληλη συντήρηση των δειγμάτων όταν αυτό απαιτείται ⁽⁶⁾

Στην παρούσα πτυχιακή τα δείγματα νερού συλλέγονταν σε φιάλη πολυαιθυλενίου 1000ml και συντηρούνταν σε φορητό ψυγείο κατά την μεταφορά τους στο Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών & Εδαφικών Πόρων του Τμήματος Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος του Παραρτήματος Χανίων του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστημίου (πρώην ΤΕΙ Κρήτης). Ο χρόνος που απαιτήθηκε σε κάθε δειγματοληψία ήταν περίπου μία ώρα. Από την προηγούμενη ημέρα φροντίζαμε οι φιάλες να είναι κατάλληλα πλυμένες, ενώ φροντίζαμε να είναι ερμητικά κλειστές ώστε να μην υπάρξει επιμόλυνση του δείγματος. Πριν συλλέξουμε το δείγμα νερού ξεπλέναμε τη φιάλη με το ίδιο το νερό προκειμένου να διαφυλαχτεί ότι η φιάλη δεν περιέχει στοιχεία που θα προκαλέσουν σφάλματα. Οι παράμετροι που μετρούνταν απευθείας στο πεδίο είναι η θερμοκρασία, η αλατότητα, τα ολικά διαλυμένα στερεά (TDS) και το διαλυμένο οξυγόνο (DO).

➤ **ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ**

Η μέτρηση της θολερότητας έγινε με φορητό θολόμετρο Lovibond CR3210 αφού προηγήθηκε η διαδικασία της βαθμονόμησης με πρότυπα αιωρήματα 1, 10, 100, 1000 N.T.U. Στη συνέχεια, μετρήθηκαν τα δείγματα εφόσον έχει προηγηθεί ανάδευση και δεν υπάρχουν αντενδείξεις (φουσαλίδες, ευμεγέθη στερεά κ.λπ.). Η κυψελίδα έχει ξεπλυθεί με το ίδιο το δείγμα προτού γίνει η φωτομέτρηση.

Με το πλήκτρο MODE επιλέγουμε το εύρος μέτρησης ως εξής:

T1:0-1 NTU

T2:1-10 NTU

T3:10-100 NTU

T4:100-1000 NTU

Σε περίπτωση που το επιλεγμένο εύρος μέτρησης δεν είναι σωστό, το όργανο θα εμφανίσει ένδειξη -/+ Εππου υποδηλώνει χαμηλότερη/ υψηλότερη θολερότητα από την επιλεγμένη. ⁽⁶⁾

➤ **BOD**

Αρχικά μετρήθηκε το pH του δείγματος και αν βρεθεί πέρα από τα όρια 6,5-7,5 ρυθμίζεται με προσθήκη υδροχλωρικού οξέος (HCL) 0,1N για βασικά δείγματα και υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) 0,1N για όξινα δείγματα. Βασικό εργαλείο στη μέθοδο του BOD είναι η ογκομετρική φιάλη χωρητικότητας 428ml στην οποία εισάγεται το δείγμα μετά τη ρύθμιση του pH. Έπειτα το δείγμα μεταφέρεται στη σκουρόχρωμη φιάλη BODμαζί με μαγνητάκι ανάδευσης. Σε θήκη από καουτσούκ που τοποθετείται στη φιάλη προστίθενται 3 σταγόνες διαλύματος υδροξειδίου του καλίου (KOH 45%) ώστε να απομακρύνεται από το σύστημα το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται κατά την επώαση των 5 ημερών. Με το πέρας της προετοιμασίας οι φιάλες BOD παραμένουν στο θάλαμο επώασης ανοικτές για 30 min ώστε να σταθεροποιηθεί η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου σε θερμοκρασία δειγμάτων 20°C. Στην συνέχεια τοποθετούνται οι ψηφιακές κεφαλές σε όλες τις φιάλες βιδώνονται, μηδενίζονται και οι φιάλες παραμένουν στον θάλαμο επώασης για 5 ημέρες σε σταθερή θερμοκρασία 20°C. Η κατανάλωση

του οξυγόνου και η δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα δημιουργεί διαφορά πίεσης στο εσωτερικό της φιάλης η οποία καταγράφεται από τον ψηφιακός αισθητήρας της κεφαλής και εμφανίζει την ένδειξη στην οθόνη σαν BOD O₂ mg/L. ⁽⁶⁾

Το BOD χρειάζεται τουλάχιστον ένα χρονικό διάστημα 5 ημερών για τη χημική και βιολογική οξείδωση των οργανικών ουσιών και την κατανάλωση του οξυγόνου από τα αερόβια μεσόφιλα βακτήρια και γι' αυτό καταγράφεται η ένδειξη την 5^η ημέρα. Πολύ σημαντικός παράμετρος επίσης είναι και η θερμοκρασία αφού τυχόν απόκλιση κατά 1-1,5% από τους 20°C μπορεί να φέρει στα αποτελέσματα απόκλιση 5-10%. ⁽⁶⁾

➤ **pH, ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ, ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ, TDS, DO**

Η μέτρηση του pH, της αγωγιμότητας, της αλατότητας, των ολικών διαλυμένων στερεών καθώς και του διαλυμένου οξυγόνου γίνεται με διαφορετικά ηλεκτρόδια συνδεδεμένα στην ίδια συσκευή HACH (sension™156) η οποία μετατρέπει τα ηλεκτροχημικά σήματα σε αριθμούς. Οι μετρήσεις των παραπάνω παραμέτρων γίνονται απευθείας στο πεδίο ώστε να μην υπάρχουν σφάλματα εξαιτίας της αλλαγής της θερμοκρασίας με την πάροδο του χρόνου.

Το pH προσδιορίζεται με ηλεκτρόδιο υάλου και κατόπιν ελαφριάς ανάδευσης του δείγματος ώστε το δείγμα να έχει ομοιογενή σύσταση.

Η αγωγιμότητα μετρείται με διαφορετικό ηλεκτρόδιο με τη βοήθεια της γέφυρας Wheatstone, ενώ το ίδιο χρησιμοποιείται και για τον προσδιορισμό της αλατότητας και των TDS. Αφού ολοκληρωθούν οι μετρήσεις για το εκάστοτε δείγμα τα ηλεκτρόδια πρέπει να ξεπλένονται σχολαστικά με απιονισμένο νερό.

Όσον αφορά το διαλυμένο οξυγόνο, αρχικά το αντίστοιχο ηλεκτρόδιο βαθμονομείται και στη συνέχεια εισάγεται στο δείγμα όπου μετά από ελαφρά ανάδευση δίνει την τιμή του οξυγόνου σε mg/L ή σε ποσοστό %. Η διαδικασία της βαθμονόμησης πρέπει να πραγματοποιείται μετά από μικρό αριθμό μετρήσεων. ⁽⁶⁾

➤ **ΦΩΤΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΑΛΑΤΩΝ**

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των νιτρικών, φωσφορικών, αμμωνιακών και θειικών ιόντων, χρησιμοποιήθηκαν τα αντιδραστήρια των αντίστοιχων Merck kit ανάλυσης. Χρησιμοποιήθηκε φωτόμετρο Merck Spectroquant NOVA 60 το οποίο διαθέτει ειδική κυψελίδα αναγνώρισης barcode, ώστε να αναγνωρίζεται από το όργανο η μέθοδος ανάλυσης που χρησιμοποιείται. Αρχικά το όργανο διεξάγει αυτοέλεγχο του συστήματος και ακολουθεί η μέτρηση των δειγμάτων με το αποτέλεσμα της συγκέντρωσης να εμφανίζεται στην οθόνη της συσκευής.

Δείγματα με μεγάλη θολότητα πρέπει να διηθούνται, ενώ τυχόν αιωρούμενα στερεά που μπορεί να υπάρχουν στο δείγμα πρέπει να απομακρύνονται με την κατάλληλη μέθοδο προς αποφυγή σφαλμάτων. Μετά από κάθε μέτρηση τα ειδικά φιαλίδια πρέπει να καθαρίζονται σχολαστικά, ενώ η φωτομέτρηση πρέπει να γίνεται αυστηρά στα δέκα λεπτά μετά την ολοκλήρωση της αντίδρασης. ^(35/53)

- **ΝΙΤΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ**

Σε οξυνισμένο δείγμα με θειικό και φωσφορικό οξύ τα νιτρικά ιόντα αντιδρούν με την 2.6-ιμεθυλοφαινόλη και δημιουργούν την 4-νιτρο-2.6-διμεθυλοφαινόλη η οποία έχει πορτοκαλί χρώμα και προσδιορίζεται φωτομετρικά ανάλογα με την έντασή του. Χρησιμοποιείται kit spectroquant Nitrate test, με εύρος μέτρησης 0.10-25.0 mg/L NO³-N. Σε δοκιμαστικό σωλήνα μεταφέρονται 4 ml αντιδραστήριο NO³-1, 0.5 ml δείγμα και 0.5 ml αντιδραστήριο NO³-2. Το διάλυμα ανακινείται και αφήνεται για δέκα λεπτά σε ηρεμία για να γίνει η αντίδραση. Με το πέρας του χρόνου το διάλυμα μεταφέρεται στη κυψελίδα και τοποθετείται στο φωτόμετρο, το μήκος κύματος του οποίου για τα νιτρικά ιόντα είναι 338nm.⁽⁶⁾

- **ΑΜΜΩΝΙΑΚΑ ΙΟΝΤΑ**

Το kit μέτρησης των αμμωνιακών ιόντων είναι το Ammonium reagent test με εύρος 0.05-3.00 mg/L NH₄-N. Μεταφέρονται 5ml δείγματος σε δοκιμαστικό σωλήνα και προστίθενται 0.6ml του αντιδραστήριου NH₄-1B, το οποίο εισάγεται για να ρυθμίσει το pH σε 13. Ο σωλήνας αναδεύεται και προστίθεται μία δόση από το αντιδραστήριο NH₄-2B προς σχηματισμό της μονοχλωραμίνης. Ακολουθεί μία ακόμα ανάδευση και αφήνεται σε ηρεμία για πέντε λεπτά. Στη συνέχεια βάζουμε τέσσερις σταγόνες αντιδραστήριου NH₄-3B ώστε να γίνει η αντίδραση με την μονοχλωραμίνη η οποία θα μας δώσει την χρωστική της μπλε ινδοφαινόλης και στη συνέχεια αναδεύουμε για μία ακόμη φορά. Μετά από πέντε λεπτά ηρεμίας φωτομετρούμε.⁽⁶⁾

- **ΦΩΣΦΟΡΙΚΑ- ΟΡΘΟΦΩΣΦΟΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ**

Σε δοκιμαστικό σωλήνα βάζουμε 5ml από το δείγμα και προσθέτουμε πέντε σταγόνες αντιδραστήριου P-1A. Αναδεύουμε και στη συνέχεια προσθέτουμε μία δόση από το αντιδραστήριο P-2A. Ανακινούμε έντονα έως ότου διαλυθεί το ίζημα, αφήνουμε σε ηρεμία για πέντε λεπτά και τέλος φωτομετρούμε. Το εύρος του kit είναι 0.01-5.00 mg/L PO₄-P, ενώ δείγματα που έχουν υψηλές συγκεντρώσεις Cl⁻ > 1000 mg/L πρέπει να αραιώνονται με απιονισμένο νερό. Το μήκος κύματος του φωτόμετρου για τα φωσφορικά ιόντα είναι 710nm.⁽⁶⁾

- **ΘΕΙΙΚΑ ΙΟΝΤΑ**

Ο προσδιορισμός των θειικών ιόντων στο νερό είναι ύψιστης σημασίας καθώς τα θειικά άλατα ασβεστίου και μαγνησίου έχουν καθαρική δράση για τον άνθρωπο και γι αυτό τον λόγο το ανώτερο επιτρεπτό όριο στο πόσιμο νερό είναι 250 mg/L.

Για τη διαδικασία μέτρησης προστίθενται 2.5 ml δείγματος σε φιαλίδιο και δύο σταγόνες από το αντιδραστήριο SO₄-1 και ανακινούμε. Συνεχίζοντας, προσθέτουμε ένα κουταλάκι αντιδραστήριο SO₄-2 και αφού το αναδεύσουμε για ακόμα μία φορά το βάζουμε στο υδατόλουτρο για πέντε λεπτά στους 40°C. Με το πέρας του χρόνου προσθέτουμε 2.5 ml από το αντιδραστήριο SO₄-3. Φιλτράρουμε το διάλυμα σε απλό ηθμό και προσθέτουμε τέσσερις σταγόνες SO₄-4. Κατόπιν αναδεύουμε. Αφήνουμε για άλλα επτά λεπτά στο υδατόλουτρο και όταν τελειώσει ο χρόνος επώασης γίνεται η μέτρηση του δείγματος.⁽⁶⁾

➤ **ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ**

Η μέθοδος προσδιορισμού της σκληρότητας στα ύδατα είναι η ογκομέτρηση με διάλυμα EDTA (δινάτριο άλας του αιθυλενο-διαμινο-τετραοξικού οξέος) 0,01M σε αλκαλικό περιβάλλον (pH: 10 ±1). Η ουσία αυτή είναι μία οργανική ένωση που σχηματίζει σταθερές σύμπλοκες ενώσεις με πολλά κατιόντα. Η αρχή της ογκομετρήσεως στηρίζεται στην παρουσία ενός μεταλλοχρωμικού δείκτη (EriochromBlackT) ο οποίος δεσμεύει τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου και σχηματίζει

ασταθή, έγχρωμη σύμπλοκη ένωση, σε σταθερό pH, δίνοντας κεραμιδί χρώμα στο δείγμα. Στη συνέχεια προστίθεται διάλυμα EDTAστη προχοίδα . Σε κάθε δείγμα προστίθεται ταμπλέτα σκληρότητας και 1ml αμμωνίας ως ρυθμιστικό διάλυμα για το pH και αφού διαλυθούν πλήρως ακολουθεί ογκομέτρηση. Ο χρόνος της ογκομετρήσεως δεν πρέπει να υπερβεί τα 5 λεπτά μετά την προσθήκη του ρυθμιστικού διαλύματος. Πριν την έναρξη της ογκομέτρησης σημειώνεται η αρχική ένδειξη του διαλύματος στην προχοίδα και κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας η φιάλη πρέπει να αναδεύεται συνεχώς έως ότου το διάλυμα να αλλάξει χρώμα και να γίνει κυπαρισσί. Στο τέλος της ογκομέτρησης σημειώνεται η τελική τιμή της ποσότητας του EDTA 0,01M στην προχοίδα. Έπειτα η αρχική τιμή αφαιρείται από την τελική τιμή και με αυτόν τον τρόπο υπολογίζεται ο όγκος V_1 του EDTA 0,01M που καταναλώθηκε. V_2 είναι ο όγκος του δείγματος που χρησιμοποιήσαμε. Για τον προσδιορισμό τελικά της ολικής σκληρότητας ανθρακικού ασβεστίου χρησιμοποιείται η εξίσωση 4 (mg/LCaCO₃):⁽⁶⁾

$$\text{Σκληρότητα (mg/l CaCO}_3\text{)} = (V_1 \times A \times 1000) / V_2$$

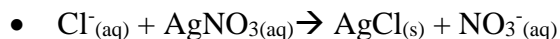
Εξίσωση 4: Εξίσωση υπολογισμού της ολικής σκληρότητας

Όπου V_1 τα ml του διαλύματος EDTA που χρησιμοποιήθηκαν, A τα mg CaCO₃ που περιέχονται σε 1 ml διαλύματος EDTA και V_2 τα ml του δείγματος

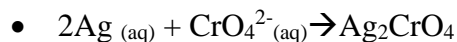
➤ **ΙΟΝΤΑ ΧΛΩΡΙΟΥ**

Για τον προσδιορισμό των ιόντων χλωρίου χρησιμοποιούμε τη μέθοδο της αργυρομετρίας, δηλαδή ογκομέτρηση με διάλυμα ιόντων αργύρου. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται η αναλυτική μέθοδος νιτρικού αργύρου (AgNO₃) (μέθοδος Mohr) με δείκτη το χρωμικό κάλιο για την τιτλοδότηση του δείγματος.

Η διαδικασία πραγματοποιείται σε αλκαλικό περιβάλλον σε 2 στάδια σύμφωνα με τις εξισώσεις 5 και 6:



Εξίσωση 5: Εξίσωση προσδιορισμού χλωριόντων. Φάση 1



Εξίσωση 6: Εξίσωση προσδιορισμού χλωριόντων. Φάση 2

Σε πρώτη φάση τα ανιόντα χλωρίου δεσμεύονται από το νιτρικό άργυρο παράγοντας λευκό ίζημα χλωριούχου αργύρου. Στη δεύτερη φάση της διαδικασίας παρουσία του δείκτη χρωμικού καλίου (K₂CrO₄) και μετά την καταβύθιση του ιζήματος του χλωριούχου αργύρου, δημιουργείται χρωμικός άργυρος με τα εναπομείναντα κατιόντα αργύρου.

Το ισοδύναμο σημείο της τιτλοδότησης εντοπίζεται όταν το δείγμα πάρει το κεραμιδί χρώμα όπως φαίνεται και στην εικόνα 13 που υποδηλώνει και την ολοκληρωμένη καταβύθιση του χλωριούχου αργύρου.



Εικόνα 13: Αριστερά βλέπουμε το χρώμα του αρχικού δείγματος παρουσία δείκτη και την σταδιακή αλλαγή κατά τη διάρκεια της ογκομέτρησης μέχρι το τελικό ισοδύναμο σημείο.⁽⁶⁾

Σε γενικές γραμμές η μέθοδος Mohr χρησιμοποιείται για νερά που αναμένεται να είναι σχετικά καθαρά και η συγκέντρωση των χλωριόντων να κυμαίνεται από 1,5 έως 100mg/L.

Ο τύπος που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του χλωρίου είναι:

$$\bullet \text{ Cl}^- \text{ mg/l} = ((A-B) \times N \times 35.450) / C$$

Εξίσωση 7: Εξίσωση υπολογισμού χλωριόντων

Όπου A είναι τα ml του διαλύματος AgNO₃ που καταναλώθηκαν για την ογκομέτρηση κάθε δείγματος, B είναι τα ml AgNO₃ που καταναλώθηκαν για το τυφλό δείγμα, N είναι η κανονικότητα του διαλύματος AgNO₃ (0,0141N) και τέλος C είναι τα ml δείγματος (25ml). Από τον δείκτη χρωμικού καλίου 2% η ποσότητα που χρησιμοποιήθηκε είναι 1ml. ⁽⁶⁾

➤ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ

Για τον προσδιορισμό του μικροβιολογικού φορτίου στο νερό, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της καλλιέργειας σε κατάλληλο υπόστρωμα για το κάθε μικρόβιο ξεχωριστά.

Προτού ξεκινήσει η διαδικασία φροντίζουμε να έχουν αποστειρωθεί όλα τα όργανα που θα χρησιμοποιηθούν όπως, η μαγνητική χοάνη διήθησης 300 ml με υγρή αποστείρωση και η λαβίδα με αιθανόλη και φωτιά. Τοποθετείται το φίλτρο κυτταρίνης (47 mm – 0,45 μm, στην βάση του μαγνητικού χωνιού και με ογκομετρικό κύλινδρο των 100ml προσθέτουμε το δείγμα. Ανοίγουμε την αντλία κενού, διηθείται το νερό και όλοι οι μικροοργανισμοί μένουν στο φίλτρο. Στην συνέχεια αποστειρώνουμε ακόμα μία φορά τη λαβίδα και με πολλή προσοχή μεταφέρουμε το φίλτρο από το χωνί στο τρυβλίο. Τα τρυβλία τοποθετούνται σε θαλάμους επώασης Heraeus kentro UB6 με την κατάλληλη για το κάθε βακτηρίδιο θερμοκρασία και καταμετρούνται οι αποικίες που θα δημιουργηθούν.

Πρέπει να δοθεί προσοχή στη ποιότητα των αποικιών, διότι εάν αλληλεπικαλύπτονται σημαίνει το δείγμα νερού είναι πολύ μολυσμένο και το πείραμα πρέπει να επαναληφθεί με υψηλότερες αραιώσεις. ⁽⁶⁾

• **ΚΟΠΡΑΝΩΔΗ ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΟΕΙΔΗ**

Το υπόστρωμα που χρησιμοποιήθηκε ονομάζεται Membrane Lauryl Sulfate Broth. Ανάλογα με τα δείγματα που θέλουμε να μετρηθούν χρησιμοποιούμε την αντίστοιχη ποσότητα θρεπτικού υλικού (άγαρ, για τα κοπρανώδη κολοβακτήρια χρησιμοποιήσαμε συγκεκριμένα MF-Endo Broth, Gelman Laboratory PN 68105), αραιωμένη στην κατάλληλη ποσότητα απιονισμένου νερού για την παρασκευή του υποστρώματος. Προσθέτουμε μαγνητικό αναδευτήρα και τοποθετούμε τη γυάλινη φιάλη με το μείγμα σε θερμαντικό μάτι, ενώ στη συνέχεια η φιάλη μεταφέρεται στον κλίβανο για δέκα λεπτά στους 121°C προκειμένου να αποστειρωθεί. Με το πέρας της διαδικασίας το μείγμα διαμοιράζεται στα τρυβλία (4ml/τρυβλίο) και αφήνεται να σταθεροποιηθεί, ενώ στη συνέχεια μπαίνει στο ψυγείο μέχρι να χρησιμοποιηθεί.

Μετά τη διήθηση του δείγματος μεταφέρουμε όλα τα τρυβλία σε θάλαμο επώασης στους 44 °C για 24 ώρες και μετά από αυτό καταμετρούμε τις αποικίες που έχουν σχηματιστεί, χρώματος κίτρινο. Υπάρχει μεγάλη πιθανότητα παρουσίας αποικιών άλλου χρώματος οι οποίες όμως δεν προσμετρώνται. ⁽⁶⁾

- **ESCHERICHIA COLI**

Για τον προσδιορισμό της *Escherichia coli* χρησιμοποιήθηκε το υπόστρωμα Herlequin Tyrtone Bile Glucuronide Agar (TBX), ενώ για την προετοιμασία του ακολουθείται η ίδια διαδικασία με αυτήν των κοπρανωδών κολοβακτηρίων με τη διαφορά ότι το μείγμα πρέπει να αποστειρωθεί για 15 λεπτά.. Μετά την διήθηση των δειγμάτων στην μαγνητική χοάνη, τα τρυβλία τοποθετούνται σε θάλαμο επώασης με 47 °C για 24 ώρες. Με το τέλος του χρόνου πραγματοποιείται η καταμέτρηση των αποικιών χρώματος μπλε.⁽⁶⁾

- **ΕΝΤΕΡΟΚΟΚΚΟΣ**

Στην περίπτωση του εντερόκοκκου χρησιμοποιούμε υπόστρωμα Slanetz and Bartley Medium. Η διαδικασία παρασκευής του υποστρώματος είναι διαφορετική από τις άλλες περιπτώσεις. Για δέκα δείγματα ζυγίζονται 1.74 γραμμάρια από τη σκόνη και διαλύονται σε 40ml απιονισμένου νερού ενώ αφήνουμε μέχρι το μείγμα να γίνει ροζ ανοικτό. Εν συνεχεία θερμαίνουμε και αναδεύουμε το μείγμα χρονομετρώντας 15 λεπτά από τη στιγμή που θα αρχίσει να βγάζει φυσαλίδες και το χρώμα του θα είναι πλέον διαυγές. Διαμοιράζουμε το διάλυμα στα τρυβλία. Ακολούθως πραγματοποιείται η καλλιέργεια του εντερόκοκκου και τα τρυβλία τοποθετούνται στο θάλαμο επώασης με θερμοκρασία 38°C για δύο μέρες και έπειτα καταμετρούνται οι αποικίες, χρώματος μπορντό.⁽⁶⁾

➤ **ΦΛΩΓΟΦΩΤΟΜΕΤΡΙΑ-ΚΑΛΙΟ, ΝΑΤΡΙΟ, ΑΣΒΕΣΤΙΟ**

Κατά την πειραματική διαδικασία τοποθετούμε ηθμό σε χωνιά και διηθούμε το δείγμα σε μπουκαλάκια. Τα μπουκαλάκια αυτά μπαίνουν σε ψυγείο για τη διατήρησή τους μέχρι τη στιγμή της μέτρησης. Αρχικά, μετράμε τα πρότυπα δείγματα καθώς και το τυφλό και καταγράφουμε τις αντίστοιχες τιμές προκειμένου να δημιουργήσουμε την καμπύλη αναφοράς. Όσον αφορά την καμπύλη προτυποποίησης του καλίου και του νατρίου ισχύουν συγκεντρώσεις έως και 10ppm, ενώ για τα ιόντα του ασβεστίου οι συγκεντρώσεις είναι έως και 100 ppm. Εφόσον τα πρότυπα δείγματα ακολουθούν τον νόμο Lambert-Beer η καμπύλη θα είναι ευθεία γραμμή.⁽⁶⁾ Στη συνέχεια προσδιορίζουμε τα δείγματα και καταγράφουμε τα αποτελέσματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε δείγματα με θαλασσινό νερό η καταγραφή του νατρίου δεν έχει νόημα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

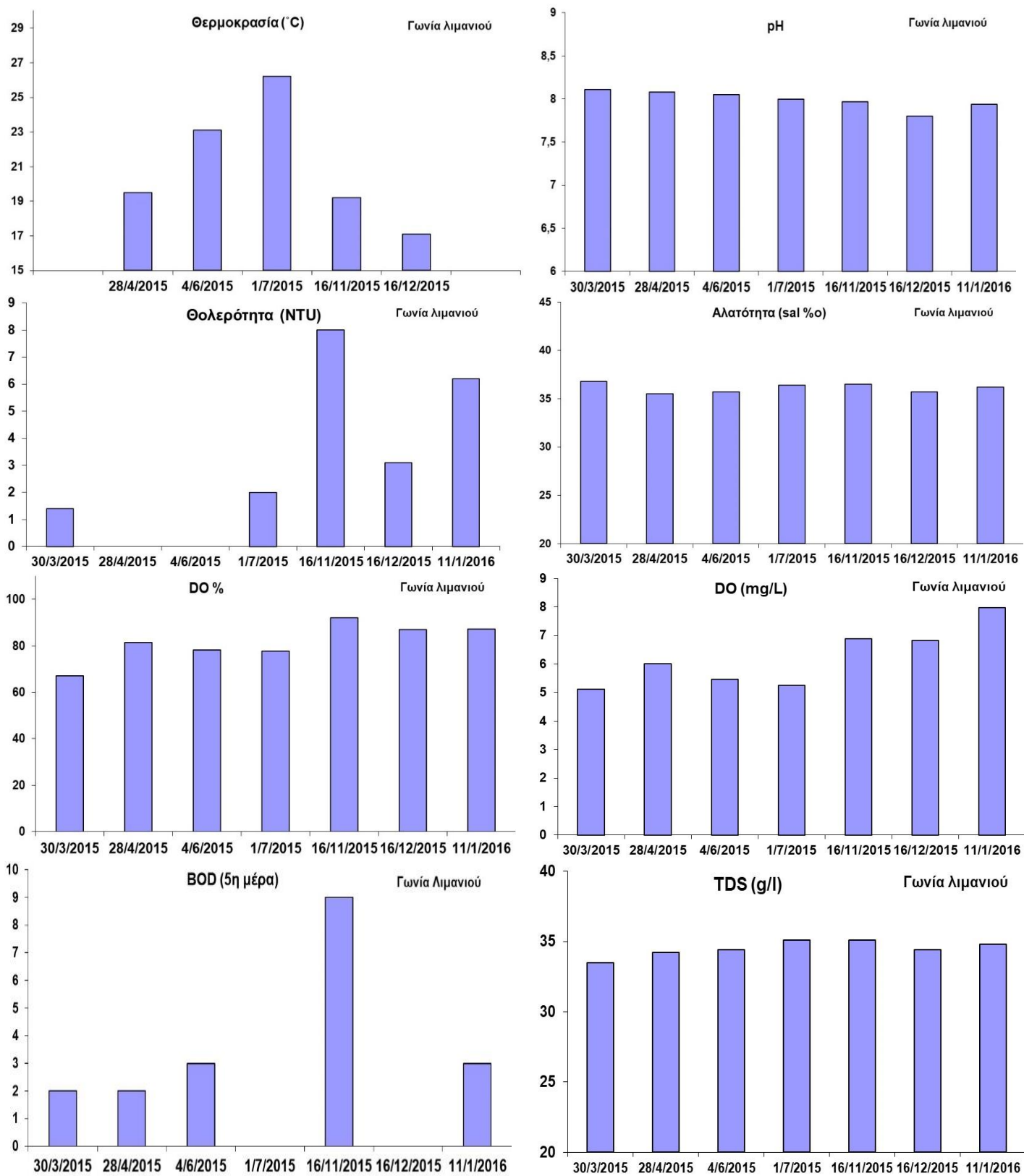
➤ ΛΙΜΕΝΑΣ ΠΛΑΤΑΝΙΑ

Κατά την διάρκεια της έρευνας παρατηρήθηκε ομαλή εποχική μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού στην θάλασσα ενώ η τιμή του pH διατηρήθηκε σχεδόν σταθερή με εύρος τιμών 7,8-8,1 (Σχ 1). Ανάλογη σταθερότητα παρατηρήθηκε στις τιμές αλατότητας την περίοδο δειγματοληψιών με τιμές μεταξύ 35,5 και 36,8‰, λίγο χαμηλότερες από την αλατότητα που φαίνεται να έχει η Μεσόγειος θάλασσα σε ευρύτερη κλίμακα.⁽⁷⁾ Σταθερές τιμές μετρήθηκαν την περίοδο μελέτης και στη συγκέντρωση των ολικών διαλυμένων στερεών (Σχ 1).

Αντίθετα οι τιμές της θολερότητας παρουσίασαν μεγάλες διακυμάνσεις. Στο σχήμα 1 φαίνεται η καταγραφή τιμών από 0 έως 8 NTU με συνέπεια τα νερά στη γωνία του λιμανιού άλλοτε εμφανίζονται διαυγή και άλλοτε θολά. Παρόλο που το σημείο λόγω της θέσης του προστατεύεται από τον κυματισμό, δέχεται παράλληλα και το μεγαλύτερο φορτίο της επιφανειακής απορροής με αποτέλεσμα τους καλοκαιρινούς μήνες να εμφανίζεται καθαρό και τους χειμερινούς μήνες να συγκεντρώνει φερτά υλικά από την βροχή (σκουπίδια, μάζα, χώματα κλπ).

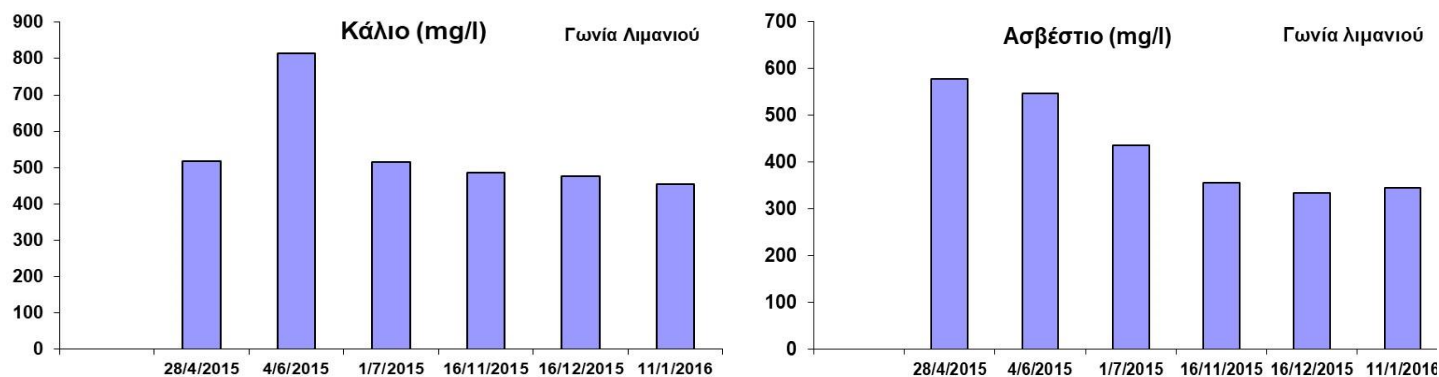
Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου διατηρήθηκε εντός των ορίων της ελληνικής νομοθεσίας για τα νερά κολύμβησης (80 έως 120%), εκτός από την πρώτη δειγματοληψία όπου μετρήθηκε 67,1%, αρκετά χαμηλότερα του κατώτερου ορίου. Τους καλοκαιρινούς μήνες υπάρχει μία ελάχιστη μείωση ενώ όσο προχωράμε προς στις χειμερινές δειγματοληψίες το ποσοστό αυξάνεται με τιμές να κυμαίνονται από περίπου 87% έως 92,2%, λόγω της μείωσης της θερμοκρασίας η οποία επηρεάζει αντιστρόφως ανάλογα το διαλυμένο οξυγόνο. Μελετώντας τη συγκέντρωση του οξυγόνου σε mg/L παρατηρούμε ότι στις 30/3/2015, 4/6/2015 και 1/7/2015 οι μετρήσεις κυμαίνονται σε οριακές για τη διαβίωση ψαριών τιμές (5mg/l). (Σχ.1) Κατ' αντιστοιχία με το ποσοστό οξυγόνου, οι δειγματοληψίες τους χειμερινούς μήνες παρουσιάζουν υψηλότερες τιμές.⁽⁶⁾

Οι τιμές του BOD κυμαίνονται μεταξύ 2 και 3mg/l με εξαίρεση στις 16/11 που φτάνει στα 9 mg/l οπότε παρατηρήθηκε και η υψηλότερη τιμή θολερότητας. Το γεγονός αυτό συνδέει την υψηλή οργανική επιβάρυνση με την αύξηση θολότητας του νερού η οποία όμως κυμάνθηκε χαμηλότερα από το όριο BOD 40mg/l που προβλέπει η νομοθεσία για την απορροές σε επιφανειακά ύδατα.⁽⁶⁾

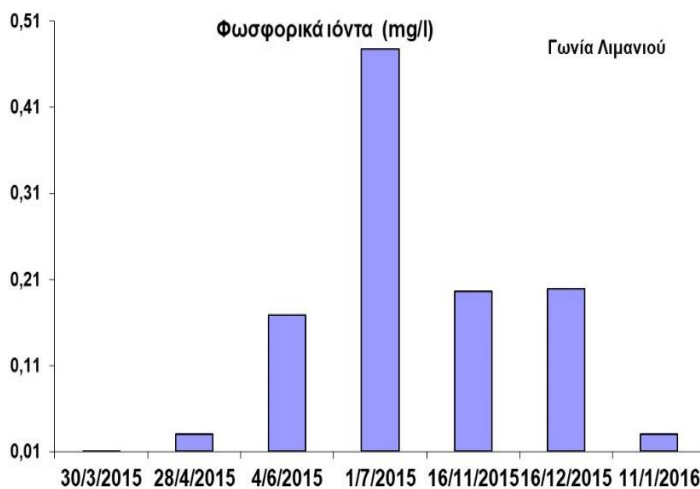
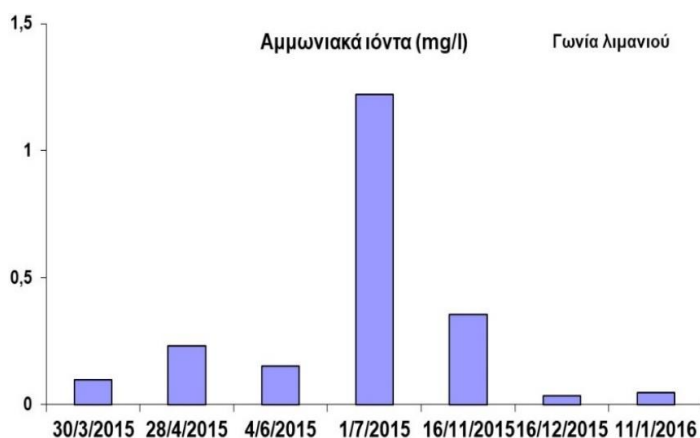
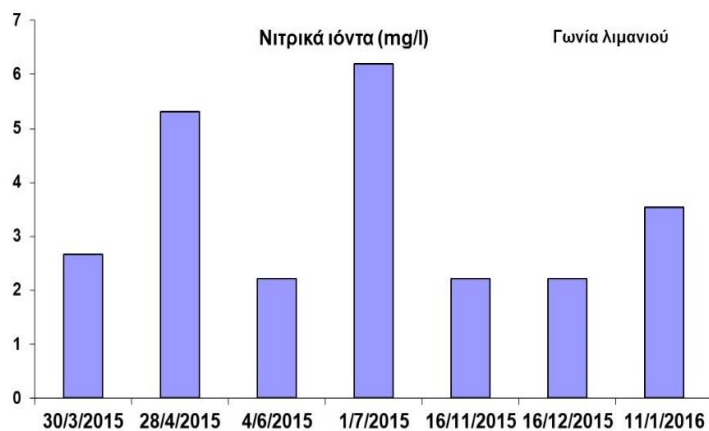


Σχήμα 1: Γραφική απεικόνιση της θερμοκρασίας, pH, θολερότητας, αλατότητας, DO, BOD και TDS στο σημείο Γωνία λιμανιού

Η συγκέντρωση των ιόντων καλίου διατηρείται σταθερή , με εξαίρεση την 4/6 όπου παρουσιάζεται μια κορυφή στα 815,7mg πιθανόν λόγω κάποιας σημειακής ρύπανσης (Σχ.2). Τα ιόντα καλίου έχουν μέσο όρο συγκέντρωσης στο θαλασσινό νερό 387mg/l.⁽⁵⁴⁾ Η τιμή στις 4/6 είναι σχεδόν διπλάσια, ενώ οι υπόλοιπες μετρήσεις βρίσκονται σε φυσιολογικά επίπεδα. Όσον αφορά τα ιόντα ασβεστίου παρουσιάζουν μείωση τους χειμερινούς μήνες με μέγιστη τιμή τα 577,5 mg/l και ελάχιστη τα 334,9 mg/l, (Σχ.2). Ο μέσος όρος συγκέντρωσης των ιόντων ασβεστίου στο θαλασσινό νερό είναι 419mg/l.⁽⁵⁴⁾



Σχήμα 2:Γραφική απεικόνιση ιόντων καλίου και ασβεστίου στο σημείο δειγματοληψίας Γωνία λιμανιού τις ημερομηνίες 28/4/2015, 4/6/2015, 1/7/2015, 16/11/2015, 16/12/2015 και 11/1/2016



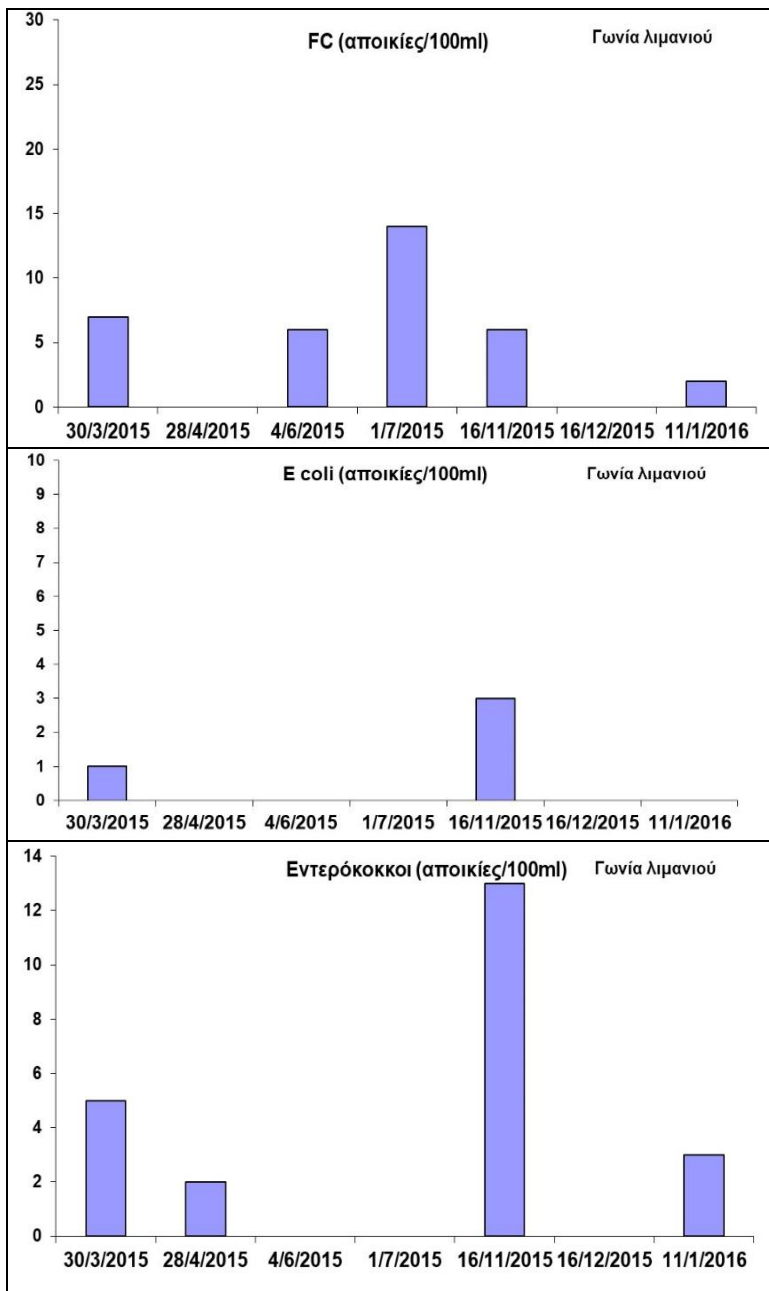
Σχήμα 3: Γραφική απεικόνιση των νιτρικών, αμμωνιακών και φωσφορικών ιόντων στο σημείο Γωνία λιμανιού

Η συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στην περιοχή μελέτης Γωνία λιμανιού (Σχ3). στις περισσότερες δειγματοληψίες κυμάνθηκε κάτω από 3,5mg/l. Οι υψηλές τιμές νιτρικών 5,3 mg/l και 6,1 mg/l, πιθανόν από επιφανειακές απορροές που κατέληξαν στο σημείο μελέτης, δεν ξεπέρασαν τα όρια της νομοθεσίας για τα κολυμβητικά ύδατα 20 mg/l⁽⁵³⁾.

Η συγκέντρωση αμμωνιακών ιόντων διατηρείται σε αρκετά χαμηλές τιμές (0,03-0,3mg/l) με εξαίρεση στις 1/7 όπου συγκριτικά με τις άλλες μετρήσεις η τιμή αυξάνεται στο 1.2mg/l, τιμή πέρα των ορίων της νομοθεσίας για τα κολυμβητικά ύδατα 0,5 mg/l. ⁽⁵³⁾ Η υψηλή συγκέντρωση των αμμωνιακών αποτελεί ισχυρή ένδειξη ανθρωπογενών απορροών στην περιοχή μελέτης.

Η συγκέντρωση των φωσφορικών ιόντων, (Σχ3) κυμάνθηκε μεταξύ 0,01 έως 0,21 mg/l/ ενώ στις 1/7 φτάνει στα 0,4 mg/l γεγονός που αποτελεί ισχυρή ένδειξη απορροής ανθρωπογενών λυμάτων ή/και φωσφορούχων υλικών καθαρισμού στην περιοχή μελέτης. Η πλειονότητα των μετρήσεων έδειξε συγκέντρωση φωσφορικών ιόντων πάνω από το όριο 0,1 mg/l, η υπέρβαση του οποίου μπορεί να προκαλέσει ραγδαία ανάπτυξη αλγών. ⁽⁵³⁾

Η ταυτόχρονη εμφάνιση υψηλής συγκέντρωσης νιτρικών, αμμωνιακών και φωσφορικών ιόντων (Σχ.3) σε συνδυασμό με το χαμηλό μικροβιολογικό φορτίο την 1/7/2015 (Σχ.4) αποτελούν ισχυρή ένδειξη απορροών ανθρωπογενούς προέλευσης στην περιοχή μελέτης από τα σκάφη που αγκυροβολούν στο σημείο και των κατοικιών/ξενοδοχείων που βρίσκονται σε πολύ μικρή απόσταση από το λιμάνι. Το εν λόγω ρυπαντικό φορτίο δεν φαίνεται να προέρχεται από διαρροή λυμάτων.



Σχήμα 4: Γραφική απεικόνιση των E.coli, FC και εντερόκοκκων στο σημείο Γωνία λιμανιού

Το μικροβιολογικό φορτίο στο σημείο δειγματοληψίας βρέθηκε σε επίπεδα πολύ κάτω των ορίων των νερών κολύμβησης γεγονός που δεικνύει την απουσία σταθερής απορροής λυμάτων (Σχ4).⁽⁵³⁾

Αξιολογώντας συνολικά τα δεδομένα φαίνεται ότι το σημείο γωνία λιμανιού βρίσκεται σε καλή κατάσταση με κάποιες μικρές εξαιρέσεις κατά τις οποίες υπερβαίνει τα νομοθετημένα όρια ποιότητας υδάτων. Αυτές οι εξαιρέσεις σχετίζονται με τα θρεπτικά άλατα και κάποιες εκτός εύρους τιμές διαλυμένου οξυγόνου και θολερότητας, παράμετροι οι οποίες σχετίζονται άμεσα με το φαινόμενο του ευτροφισμού. Η κατ' εξακολούθηση παρουσία οριακών τιμών σε αυτές τις παραμέτρους μπορεί να οδηγήσει σε ευτροφισμό.

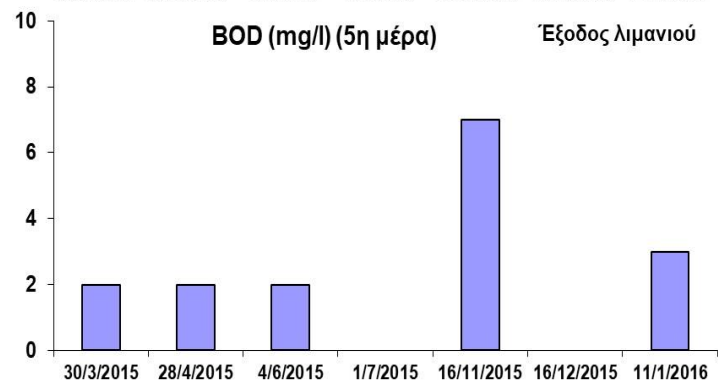
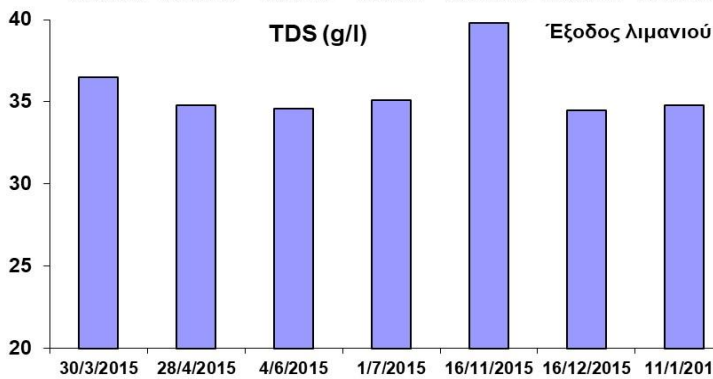
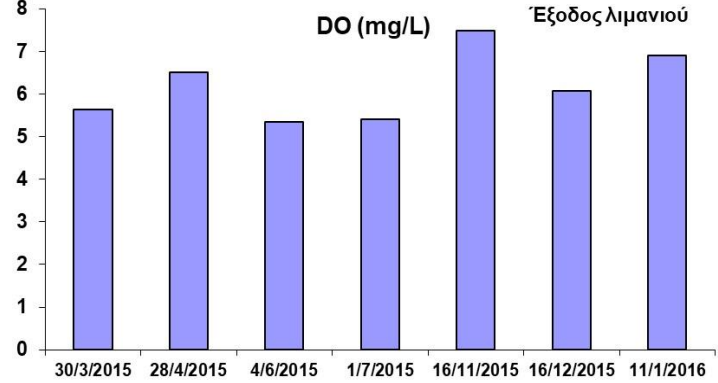
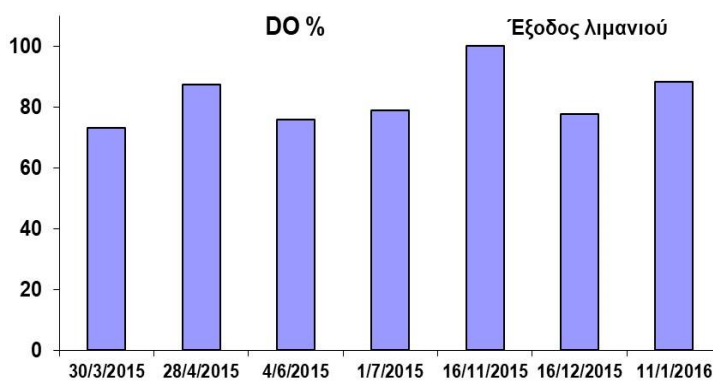
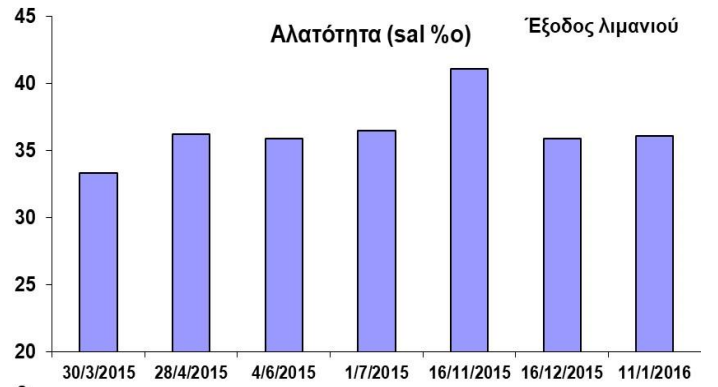
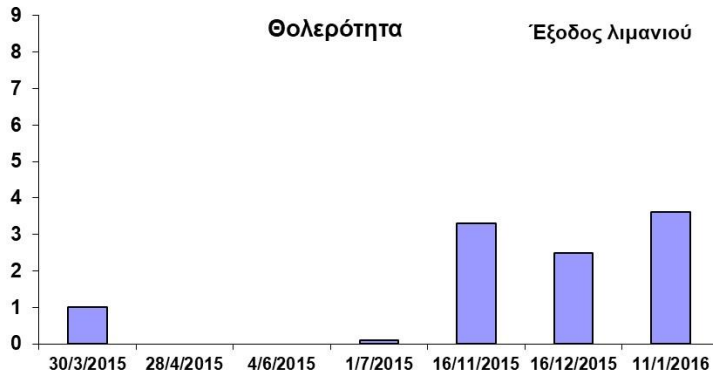
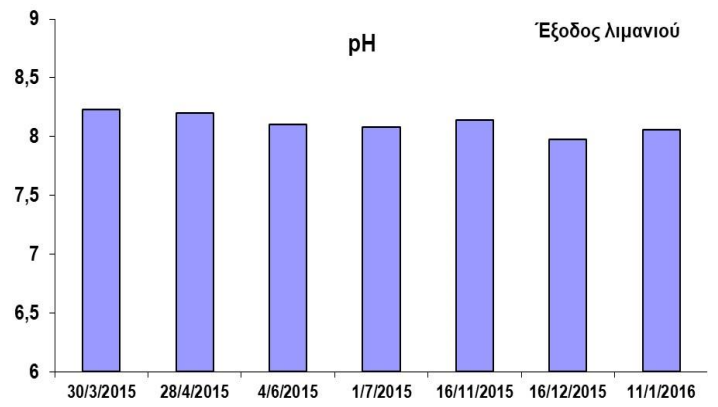
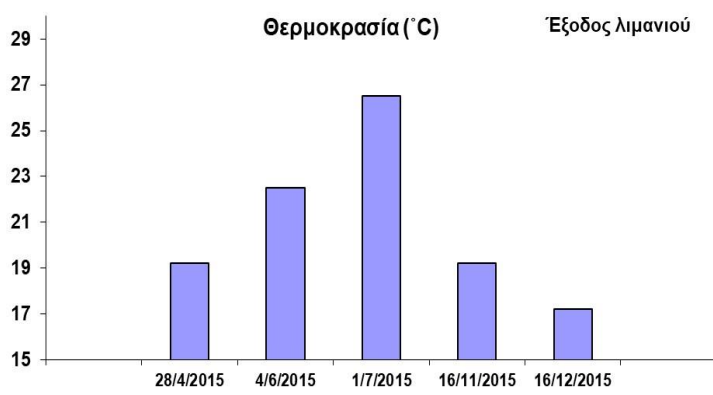
Η θερμοκρασία του νερού στην έξοδο του λιμανιού ,ακολουθεί την ίδια εποχική αλλαγή με τη γωνία λιμανιού, με σταδιακή αύξηση από την άνοιξη προς το καλοκαίρι, και στη συνέχεια μείωση τους χειμερινούς μήνες. Οι τιμές του pH διατηρήθηκαν σταθερές με μέσο όρο 8,1 και με φυσιολογικές τιμές pH για νερά κολύμβησης.⁽⁷⁾ Διακύμανση παρουσιάζουν οι τιμές της αλατότητας μεταξύ 33,3 sal ‰ και 41,1 sal ‰. (Σχ.5) τιμές κοντά στην ενδεικτική τιμή αλατότητας για τη Μεσόγειο θάλασσα S=39.⁽⁷⁾

Η συγκέντρωση στα ολικά διαλυμένα στερεά κυμάνθηκε μεταξύ 35 και 39,8g/l, 1.(Σχ.5) Η μέγιστη αυτή τιμή, πιθανόν να οφείλεται σε υπέρμετρη παρουσία διαλυμένων αλάτων όπως υποδηλώνει και η αυξημένη αλατότητα στην ίδια δειγματοληψία.

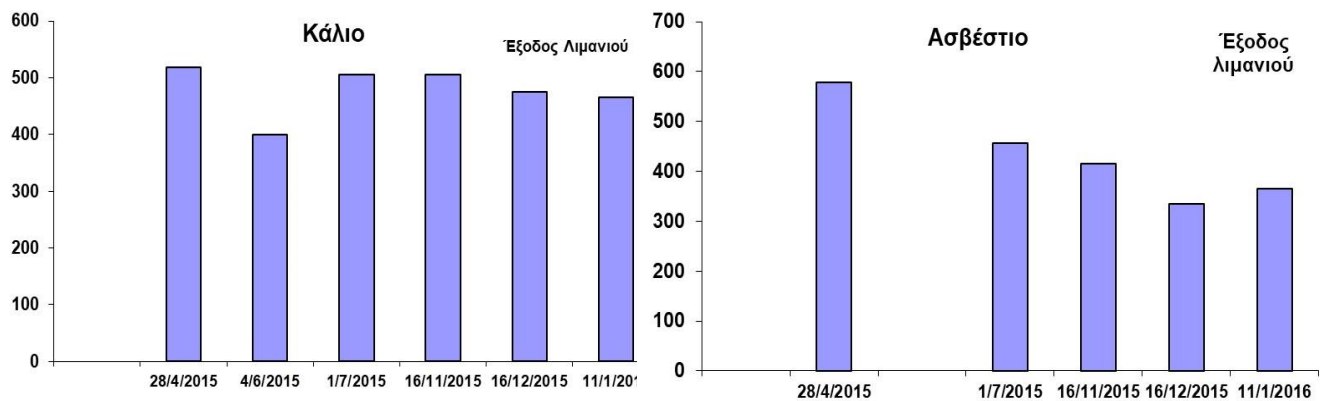
Η θολρότητα διατηρεί πολύ χαμηλές τιμές τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ τους χειμερινούς υπάρχει μικρή αύξηση με τιμές 2,5-3,6NTU. Ακολουθείται περίπου η ίδια πορεία με τη γωνία λιμανιού μόνο που σε αυτό το σημείο οι τιμές είναι χαμηλότερες επομένως και τα νερά πιο διαυγή.

Στο διαλυμένο οξυγόνο παρατηρούμε μεγάλες εποχικές διακυμάνσεις, με ελάχιστη τιμή 73% ή 5,5mg/l και μέγιστη στα 100,2%, γεγονός που αποδεικνύει πως τους καλοκαιρινούς μήνες το οξυγόνο είναι σε έλλειψη εξαιτίας της αύξησης της φωτοσύνθεσης, ενώ τους χειμερινούς μήνες αυξάνεται ως αποτέλεσμα των ανέμων και του κυματισμού που επιτρέπουν την μεγαλύτερη εισροή οξυγόνου στο νερό .⁽⁵³⁾

Όσον αφορά το BOD τα αποτελέσματα 0-3 mg/l δείχνουν χαμηλό οργανικό φορτίο απορροών προς την θάλασσα., με εξαίρεση στις 16/11 όπου η τιμή φτάνει τα 7mg/l. Σύμφωνα με τη νομοθεσία για τα νερά κολύμβησης, αστικά λύματα που διοχετεύονται σε νερό πρέπει να δίνουν Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο λιγότερο από 40mg/l.⁽⁶⁾

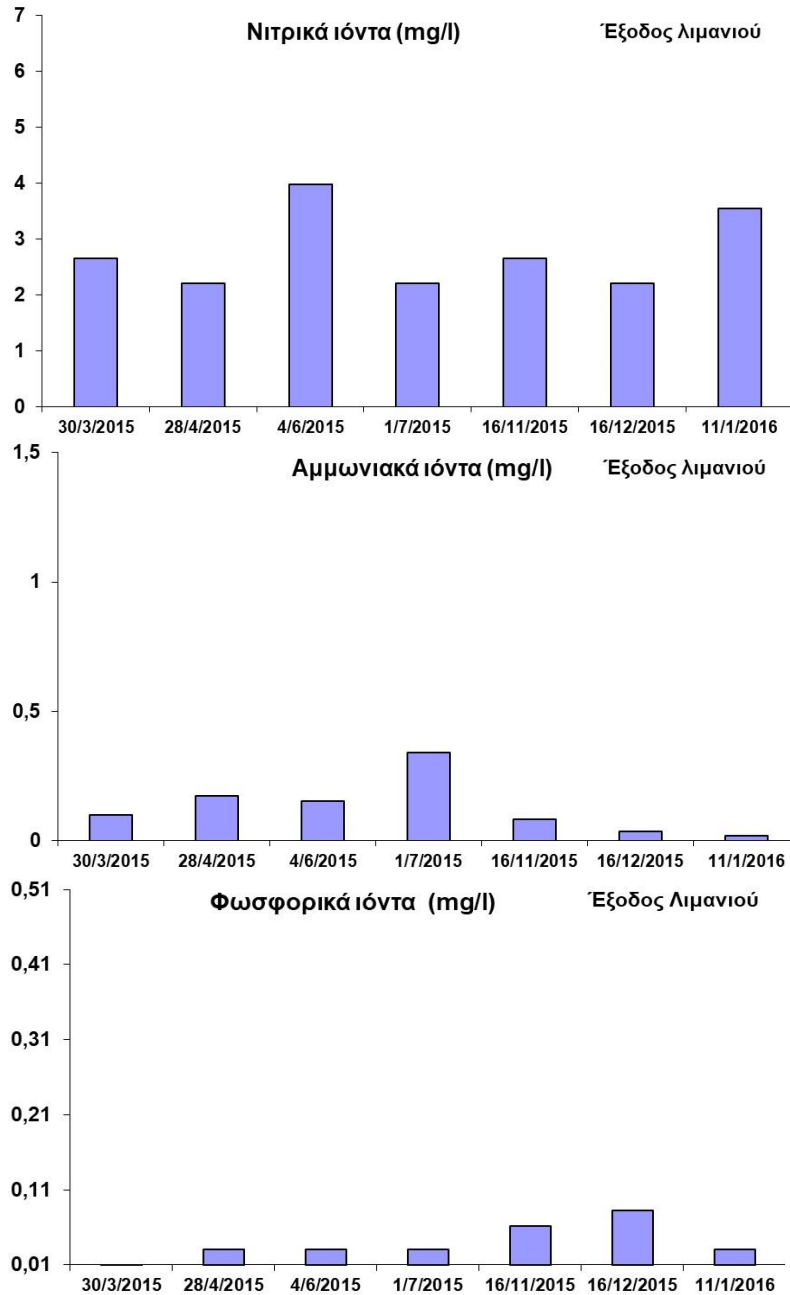


Σχήμα 5: Γραφική απεικόνιση θερμοκρασίας, Ph, αλατότητας, DO, BOD και TDS στο σημείο Έξοδος λιμανιού



Σχήμα 6: Γραφική απεικόνιση ιόντων καλίου και ασβεστίου στην Έξοδο λιμανιού

Μικρές διακυμάνσεις παρουσιάζει η συγκέντρωση των ιόντων καλίου στην Έξοδο του λιμανιού, με μέγιστη τιμή τα 518,2mg/l και ελάχιστη τα 399,2mg/l. (Σχ.) Ο μέσος όρος της συγκέντρωσης ιόντων καλίου στο θαλασσινό νερό είναι 387mg/l.⁽⁵⁴⁾ Αναφορικά με τα ιόντα ασβεστίου παρουσιάζουν ομαλή εποχιακή μεταβολή με μέγιστη τιμή 547,2mg/l και ελάχιστη 385,4mg/l, (Σχ.6) ενώ η συγκέντρωσή τους στο θαλασσινό νερό αναμένεται στα 413mg/l.⁽⁵⁴⁾

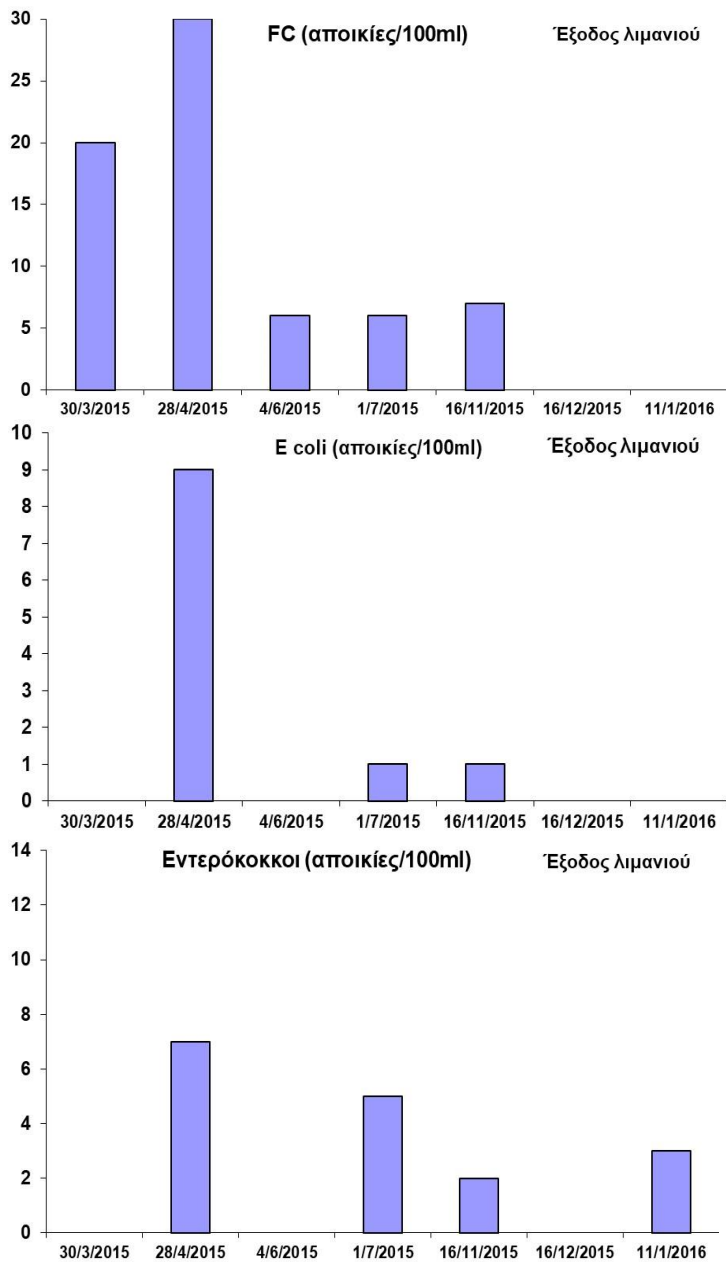


Σχήμα 7: Γραφική απεικόνιση νιτρικών, αμμωνιακών και φωσφορικών ιόντων στο σημείο Έξοδος λιμανιού

Στο σημείο μελέτης Έξοδος λιμανιού, οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων παρουσιάζουν μικρές διακυμάνσεις με εύρος 2,2-3,9 mg/l. (Σχ.7) Οι τιμές είναι εντός ορίων σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία που διέπει τα νερά κολύμβησης.⁽⁵³⁾

Τα αμμωνιακά ιόντα βρίσκονται και αυτά εντός ορίων (επιτρεπτό εύρος τιμών για τα νερά κολύμβησης έως 0,5mg/l)⁽⁵³⁾ με μέγιστη τιμή στις 1/7 0,3mg/l και ελάχιστη στις 11/1 0,01mg/l. (Σχ.7). Παρατηρείται μια σταδιακή αύξηση προς τους καλοκαιρινούς μήνες και στη συνέχεια μείωση προς τους χειμερινούς.

Αντίθετα, τα φωσφορικά ιόντα έχουν μια αυξητική τάση προς τους χειμερινούς μήνες με μέγιστο στις 16/12 στα 0,08 mg/l το οποίο όμως είναι εντός εύρους σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία για τα κολυμβητικά ύδατα (0,1mg/l)⁽⁵³⁾.



Σχήμα 8: Γραφική απεικόνιση FC, E.coli και εντερόκοκκων στο σημείο Έξοδος λιμανιού

Αναφορικά με το μικροβιολογικό φορτίο στο σημείο Έξοδος λιμανιού, τα κοπρανώδη κολοβακτήρια δίνουν 0-7 αποικίες στην πλειοψηφία των δειγματοληψιών, με εξαίρεση τις 30/3 και 28/4 όπου βλέπουμε συγκριτικά υψηλές τιμές με 20 και 30 αποικίες αντίστοιχα. (Σχ.8) Στα e-coli παρατηρούμε τους καλοκαιρινούς μήνες 0 και 1 αποικίες και μόνο στις 28/4 εντοπίζονται το μέγιστο με 9 αποικίες. Τέλος, στις μετρήσεις του εντερόκοκκου εμφανίζεται ένα μέγιστο στις 28/4 με 7 αποικίες ενώ στις υπόλοιπες δειγματοληψίες οι τιμές είναι κάτω από 5 (Σχ.8) Τα αποτελέσματα είναι εντός επιτρεπτών ορίων βάσει της ελληνικής νομοθεσίας για τα νερά κολύμβησης, (53)

Η ποιότητα των υδάτων στο σημείο Έξοδος λιμανιού εμφανίζεται εντός ορίων στην πλειοψηφία των παραμέτρων που μετρήθηκαν. Σε αντίθεση με τη γωνία του λιμανιού, τα θρεπτικά συστατικά στην έξοδο του λιμανιού είναι σε χαμηλότερες τιμές που πιθανώς οφείλεται στη στασιμότητα των υδάτων στη γωνία του λιμανιού. Αντίθετα, το μικροβιολογικό φορτίο στην έξοδο

του λιμανιού είναι αυξημένο σε σχέση με τη γωνία λιμανιού χωρίς όμως τα αποτελέσματα να υπερβαίνουν τα επιτρεπτά όρια για τα νερά κολύμβησης (100 αποικίες/100ml).⁽⁵³⁾ Αυτό πιθανώς να οφείλεται στα ρεύματα της περιοχής που παρασύρουν το μικροβιολογικό φορτίο από τις ακτές γύρω από το λιμάνι.

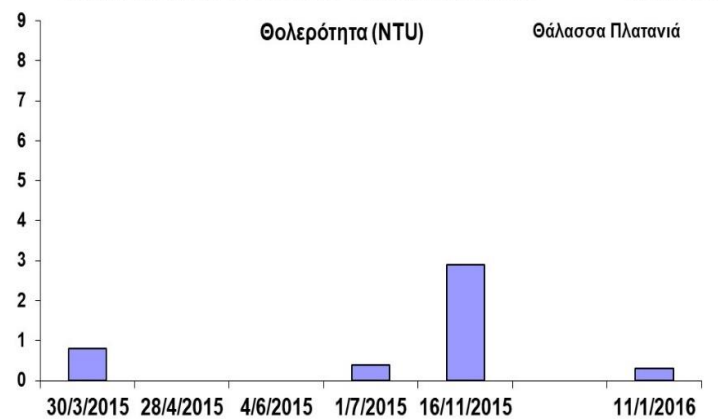
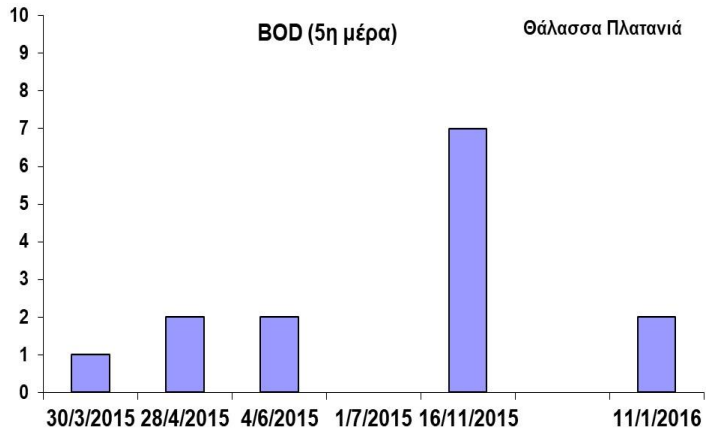
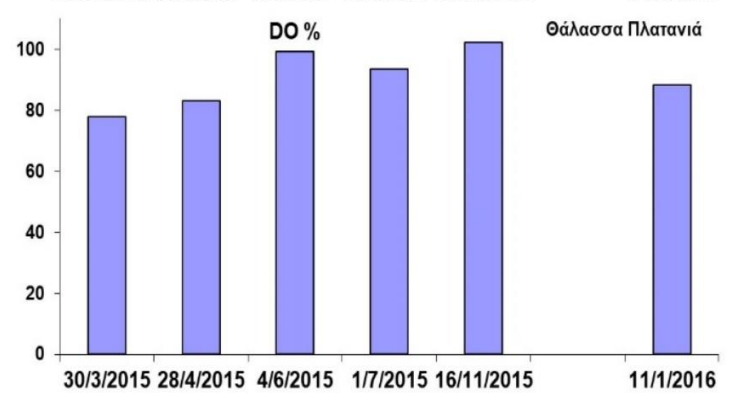
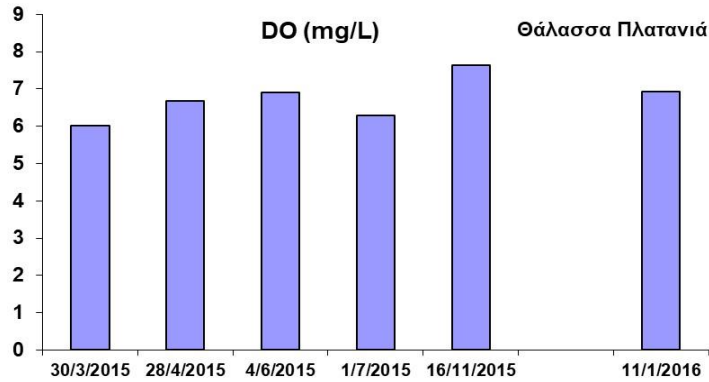
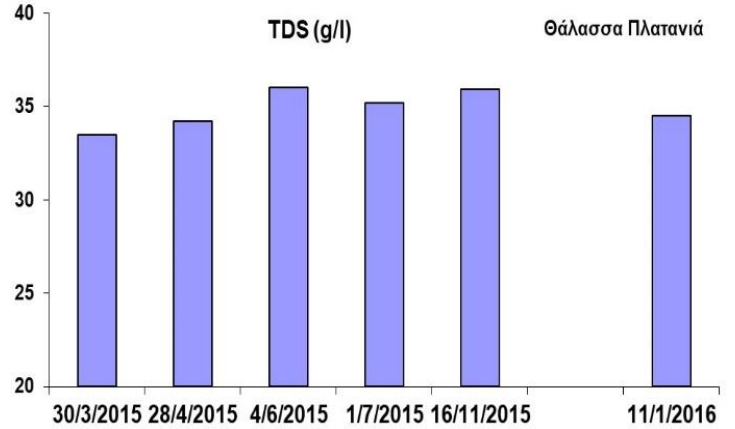
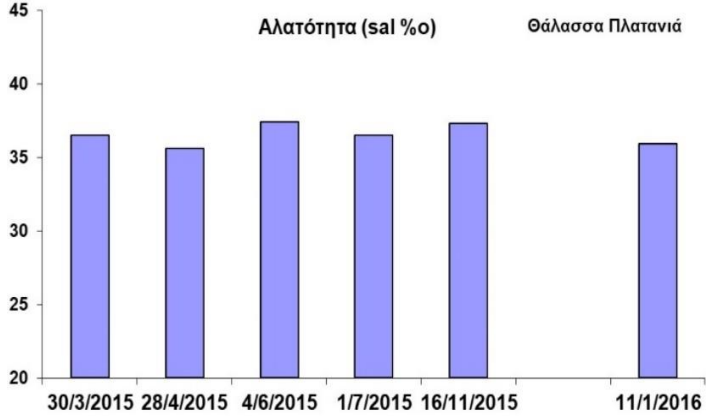
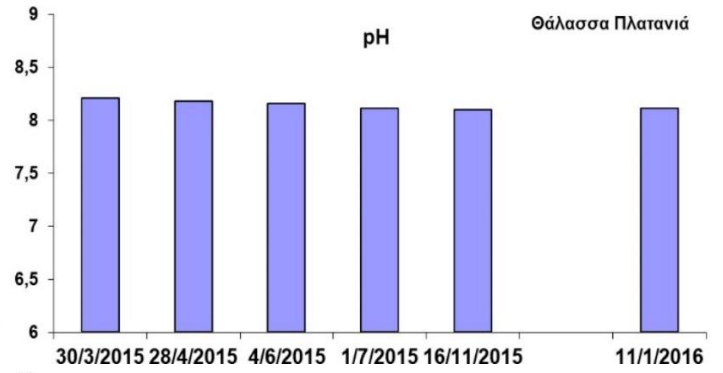
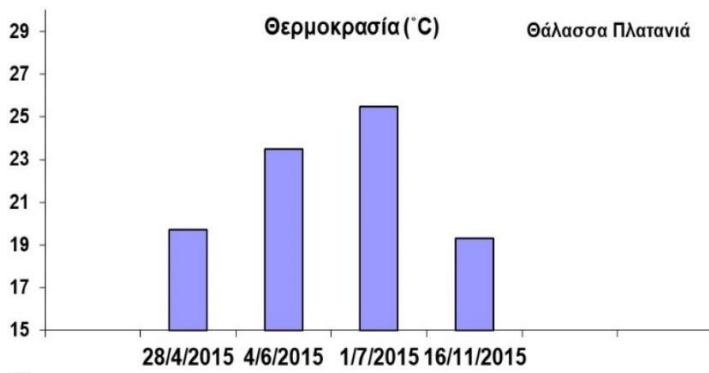
Στο σημείο «θάλασσα Πλατανιά» δεν έγινε δειγματοληψία στις 16/12 λόγω έντονου κυματισμού.

Η θερμοκρασία στη θέση Θάλασσα Πλατανιά ακολουθεί την ίδια εποχική πορεία που είχαν και τα προηγούμενα δυο σημεία. Σε φυσιολογικά επίπεδα και χωρίς διακυμάνσεις κινούνται και οι τιμές του pH. Ανάλογες διακυμάνσεις παρατηρούνται και στην παράμετρο της αλατότητας εύρους 35,6 sal‰ - 37,4 sal‰. Τέλος, σταθερή παραμένει και η παράμετρος των ολικά διαλυμένων στερεών με τιμές από 33,5g/l έως 36g/l. (Σχ.9). Όλες οι παραπάνω μετρήσεις βρίσκονται εντός του επιτρεπτού εύρους που έχει θεσπίσει η ελληνική νομοθεσία για τα ύδατα κολύμβησης.⁽⁷⁾

Η θολρότητα παρουσιάζει πολύ χαμηλές τιμές 0 – 0,8 NTU σε όλες τις δειγματοληψίες.(Σχ.7) Το μέγιστο εμφανίζεται στις 16/11 με 2,9 NTU και πιθανόν να οφείλεται σε κυματισμό μιας και το σημείο είναι πολύ εκτεθειμένο στο βοριά.

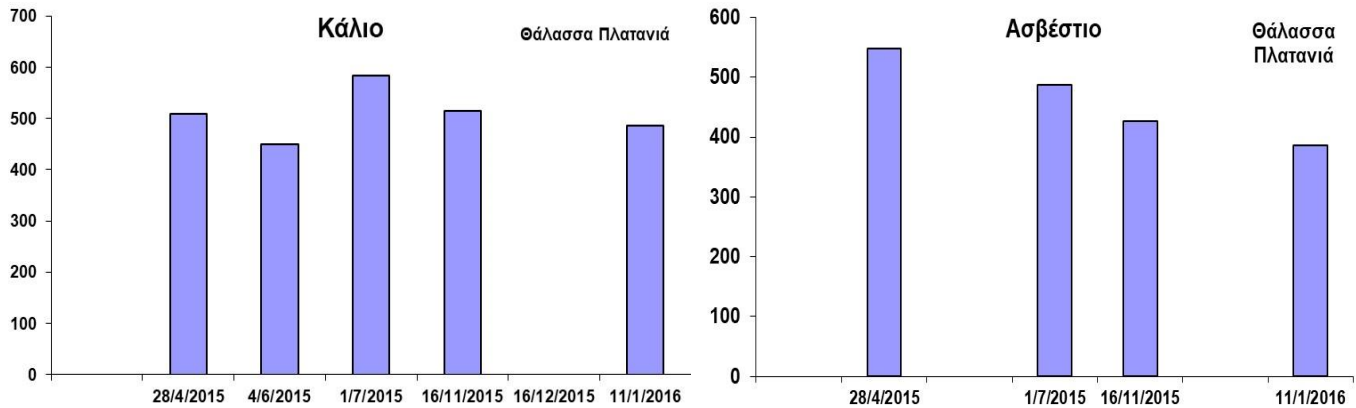
Διακυμάνσεις εμφανίζουν οι τιμές στο διαλυμένο οξυγόνο με ελάχιστο 77,8% / 6 mg/l, και μέγιστο 102,2% / 7,6mg/l αντίστοιχα (Σχ.9). Τα όρια του DO σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία για τα ύδατα κολύμβησης είναι 80-120% ή 6-11mg/l.⁽⁵³⁾ Επομένως το σύνολο σχεδόν των δειγματοληψιών είναι πολύ κοντά στα κατώτερα επιτρεπτά όρια, σε αντίθεση όμως με την Γωνία και την Έξοδο λιμανιού που είχαν 3 και 4 αντίστοιχα τιμές εκτός εύρους. Αυτό πολύ πιθανό να υποδηλώνει ελαφριά ρύπανση μέσα στο λιμάνι λόγω περιορισμένης κίνησης των υδάτων ενώ η ανοικτή θάλασσα φαίνεται να είναι σε καλύτερη κατάσταση.

Η μέτρηση του BOD βρίσκεται εντός επιτρεπτού εύρους με μεγαλύτερη τιμή 7 mg/l στις 16/11 και την πλειοψηφία των δειγματοληψιών να δίνει τιμές 2 mg/l.⁽⁶⁾ Η μέγιστη αυτή τιμή πιθανόν να συνδέεται με την συγκριτικά αυξημένη θολρότητα της ίδιας δειγματοληψίας. (Σχ.9)

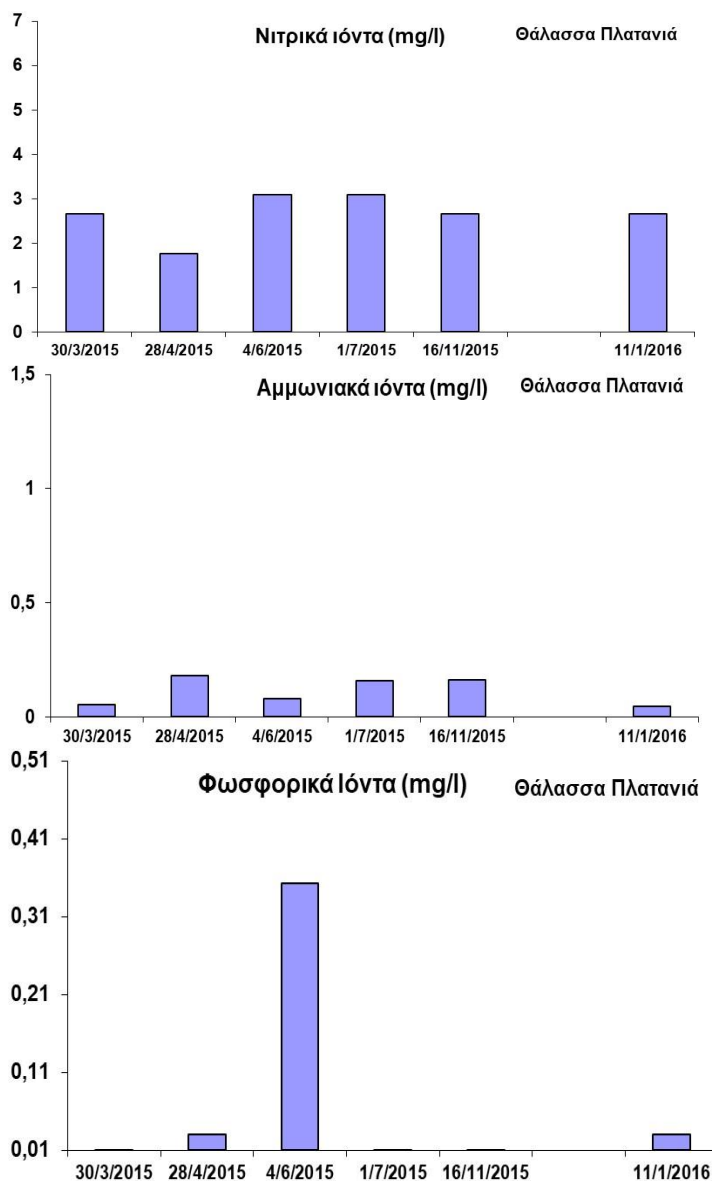


Σχήμα 9: Γραφική απεικόνιση θερμοκρασίας, pH, αλατότητας, TDS, θολερότητας, DO, BOD στο σημείο Θάλασσα Πλατανιά

Με μικρές διακυμάνσεις εμφανίζονται τα ιόντα καλίου με εύρος τιμών από 448,8mg/l έως 584,4mg/l. (Σχ.10) Παρατηρούμε πως και στα τρία σημεία οι συγκεντρώσεις είναι υψηλότερες από τον μέσο όρο των ιόντων καλίου στο θαλασσινό νερό που είναι 387mg/l. ⁽⁵⁴⁾ Αυτό πιθανώς οφείλεται στην φυσική αποσάθρωση πετρωμάτων πλούσια σε γύψο. ⁽³³⁾ Τα ιόντα ασβεστίου παρουσιάζουν την ίδια καθοδική πορεία με τα άλλα δυο σημεία επομένως ακολουθούν ομαλή εποχική μεταβολή. (Σχ.10)



Σχήμα 10: Γραφική απεικόνιση ιόντων καλίου και ασβεστίου στη Θάλασσα Πλατανιά



Σχήμα 11: Γραφική απεικόνιση νιτρικών, αμμωνιακών και φωσφορικών ιόντων στο σημείο Θάλασσα Πλατανιά

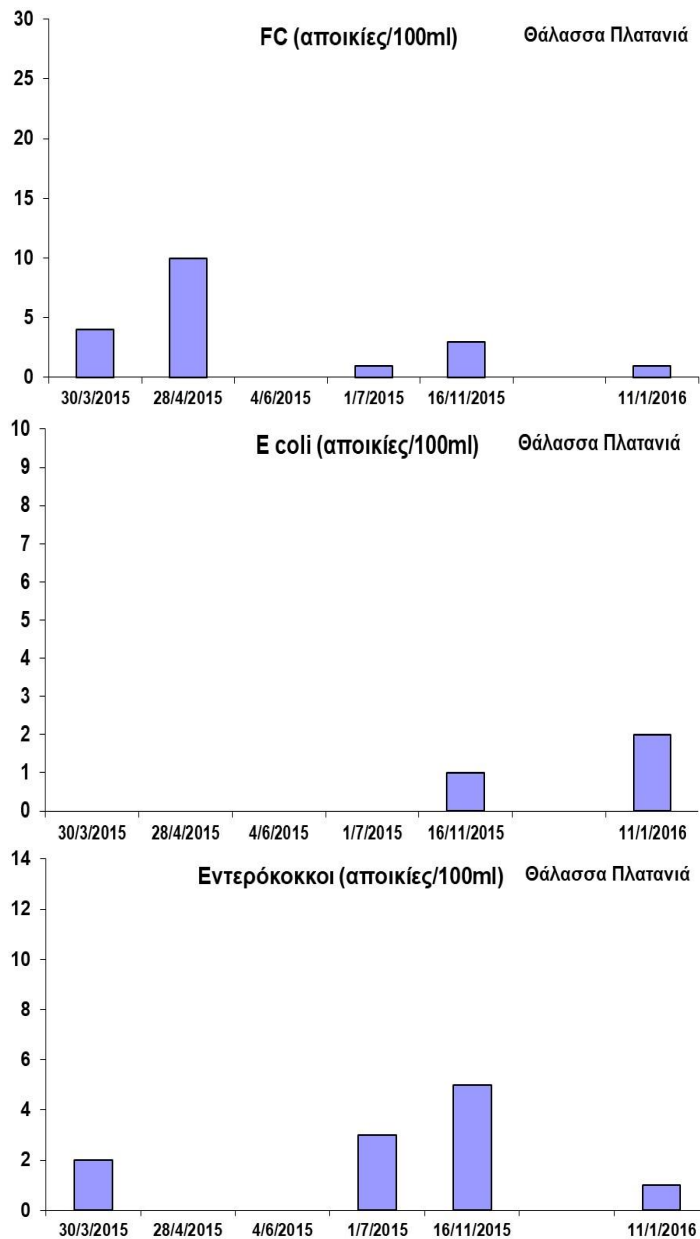
Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στο σημείο μελέτης Θάλασσα Πλατανιά κυμάνθηκαν από 2,65mg/l έως 3,09mg/l με εξαίρεση στις 28/4 όπου η τιμή ήταν στα 1,72mg/l. (Σχ.11) Παρατηρούμε πως τους καλοκαιρινούς μήνες εντοπίζονται οι μέγιστες τιμές χωρίς όμως να υπερβαίνουν τα νομοθετημένα όρια για τα νερά κολύμβησης.⁽⁵³⁾

Οι τιμές των αμμωνιακών ιόντων βρίσκονται σε χαμηλά επίπεδα με εύρος από 0,05mg/l έως 0,18mg/l με τις μέγιστες τιμές να παρουσιάζονται στις 28/4, 1/7 και 16/11.

Αναφορικά με τα φωσφορικά ιόντα στην θάλασσα του Πλατανιά παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των δειγματοληψιών δίνει μηδενικές ή πολύ χαμηλές τιμές της τάξης των 0,03mg/l, με εξαίρεση τις 4/6 όπου η τιμή φτάνει στα 0,35mg/l ξεπερνώντας κατά πολύ τα επιτρεπτά όρια της ελληνικής νομοθεσίας για τα κολυμβητικά ύδατα(0,1 mg/l).⁽⁵³⁾ (Σχ.11) Η αυξημένη αυτή τιμή δεν συνοδεύεται από αυξημένες τιμές

άλλων παραμέτρων επομένως είναι πιθανόν να προήλθε από σημειακή ρύπανση στη γύρω περιοχή.

Συνολικά για τα θρεπτικά συστατικά η θάλασσα Πλατανιά βρίσκεται σε πολύ καλή κατάσταση με εξαίρεση τις 4/6 όπου τα φωσφορικά ιόντα βγήκαν εκτός ορίων, πιθανώς από σημειακή πηγή απορροής απορρυπαντικού. Όλες οι υπόλοιπες μετρήσεις βρίσκονται κάτω από τα επιτρεπτά όρια που έχει θεσπίσει η ελληνική νομοθεσία σχετικά με τα ύδατα κολύμβησης.



Σχήμα 12: Γραφική απεικόνιση των FC, E.coli και εντερόκοκκων στο σημείο Θάλασσα Πλατανιά

Σχετικά με το μικροβιολογικό φορτίο παρατηρούνται χαμηλές και εντός ορίων τιμές. Τα κοπρανώδη κολοβακτήρια δίνουν τη μεγαλύτερη τιμή στις 28/4 με 10 αποικίες, ενώ στις υπόλοιπες μετρήσεις παρουσιάζονται λιγότερες από 4. (Σχ.12) Τα E-coli δίνουν μικροβιολογικό φορτίο σε δυο μόνο δειγματοληψίες στις 16/11 και στις 11/1 με 1 και 2 αποικίες αντίστοιχα. Τέλος, ο εντερόκοκκος εμφανίζει μέγιστο στις 16/11 με 5 αποικίες τη στιγμή που οι υπόλοιπες δειγματοληψίες έχουν 3 ή λιγότερες. (Σχ.12) Και οι 3 παράμετροι βρίσκονται εντός επιτρεπτών ορίων όπως ορίζει η ελληνική νομοθεσία για τα ύδατα κολύμβησης. (100αποικίες/L) (53)

Συνολικά, παρατηρούμε ότι το σημείο Θάλασσα Πλατανιά εμφανίζει καλύτερη ποιότητα υδάτων συγκριτικά με τα άλλα δύο σημεία με μοναδικές εκτός ορίων μετρήσεις αυτές των φωσφορικών ιόντων και του διαλυμένου οξυγόνου που βρίσκεται πολύ κοντά στα κατώτατα όρια. Και οι δύο αυτές παράμετροι παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στο φαινόμενο του ευτροφισμού και πρέπει να παραμένουν υπό έλεγχο.

➤ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΛΙΜΕΝΑ ΠΛΑΤΑΝΙΑ

Στο σχήμα 13 παρουσιάζονται συγκεντρωμένα τα αποτελέσματα των αναλύσεων ανά παράμετρο για όλα τα σημεία μαζί. Η θερμοκρασία και στα τρία σημεία μελέτης παρουσιάζει ομαλή εποχιακή μεταβολή με αύξηση το καλοκαίρι και μείωση τον χειμώνα. Η έλλειψη θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ των σημείων οφείλεται στο γεγονός ότι τα δείγματα λήφθηκαν από επιφανειακά νερά τα οποία ακολουθούν συνήθως τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας και δεν υπόκεινται σε θερμική στρωμάτωση.⁽¹¹⁾

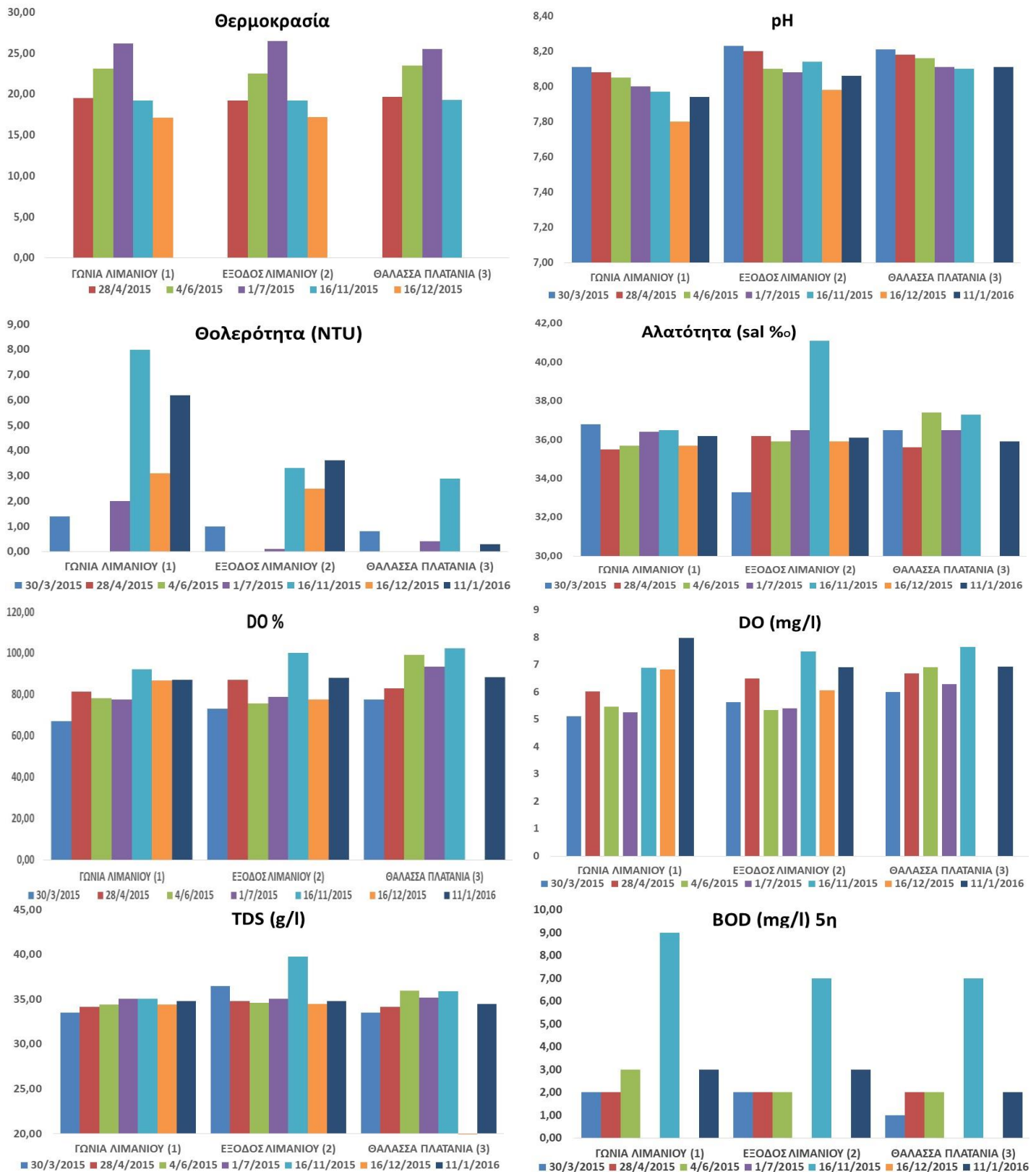
Κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών στον λιμένα του Πλατανιά οι τιμές του pH εμφανίζουν εποχιακή μεταβολή ενώ το σημείο Γωνία λιμανιού διατηρεί τις χαμηλότερες τιμές συγκριτικά με τα άλλα δυο σημεία. (Σχ.13)

Οι τιμές της αλατότητας παρουσιάζουν μικρές διακυμάνσεις πιθανόν λόγω της παράκτιας εισροής γλυκού νερού. Ο μέσος όρος αλατότητας και στα τρία σημεία είναι 36,35‰. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, η αλατότητα στη Μεσόγειο θάλασσα τείνει στην τιμή 39‰, ενώ το 99% του παγκόσμιου ωκεανού έχει μέση τιμή αλατότητας 35‰, επομένως στον λιμένα Πλατανιά οι τιμές είναι μέσα στα όρια.^(7/12)

Η παράμετρος της θολερότητας παρουσιάζει διακυμάνσεις εύρους 0-8 NTU, ενώ παρατηρείται ότι και τα 3 σημεία εμφάνισαν μέγιστο στις 16/11. Συνολικά φαίνεται πως το σημείο Γωνία λιμανιού παρουσιάζει τις μεγαλύτερες τιμές θολερότητας, η θέση Έξοδος λιμανιού μικρότερη, και η Θάλασσα Πλατανιά με τις μικρότερες τιμές θολερότητας έχει τα πιο διαυγή νερά. (Σχ.13).

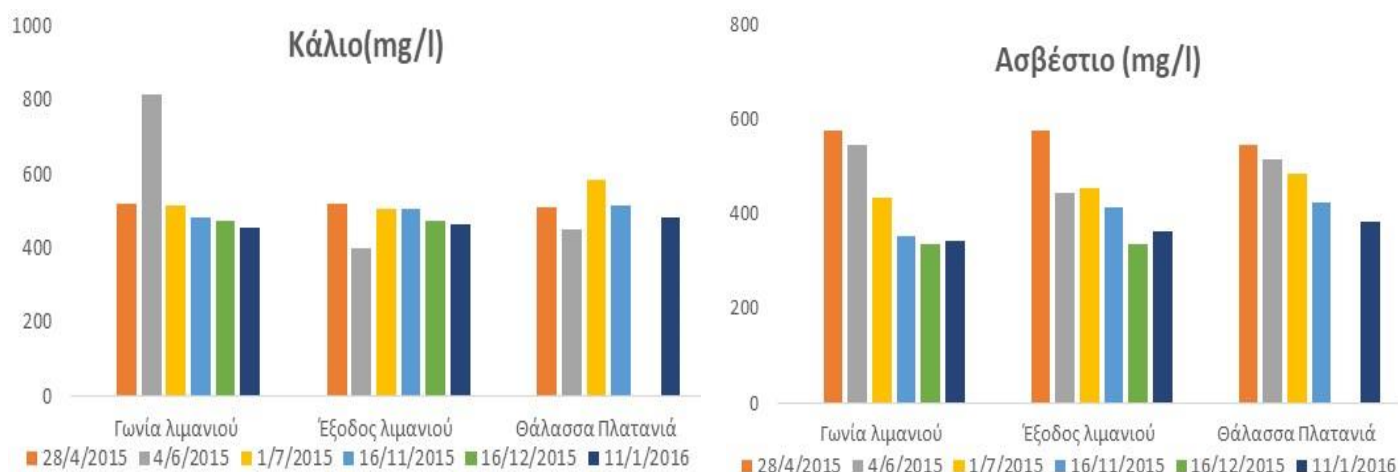
Μικρές μεταβολές εμφανίζονται στα ολικά διαλυμένα στερεά και στα τρία σημεία, με εξαίρεση στις 16/11 στην έξοδο λιμανιού όπου η συγκέντρωση τους φτάνει τα 39,8g/l.(Σχ.13) Ο μέσος όρος των υπόλοιπων δειγματοληψιών είναι στα 34,7g/l. Παρατηρούμε ανάλογες μεταβολές με την αλατότητα, μιας και το TDS αποτελεί δείκτη αλατότητας και συνδέεται άμεσα με την αγωγιμότητα.⁽⁴³⁾

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου εμφανίζει ομαλή εποχιακή μεταβολή και στα τρία σημεία με μειωμένες τιμές τους καλοκαιρινούς μήνες και αύξηση τον χειμώνα. Παρατηρούμε ότι η πρώτη δειγματοληψία και στα 3 σημεία είναι χαμηλότερη από το επιτρεπτό εύρος για τα ύδατα κολύμβησης (80-120%), ενώ το ίδιο συμβαίνει και στις 4/6 και 1/7 στη Γωνία και Έξοδο λιμανιού. Ανάλογη τάση παρουσιάζεται και στη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου σε mg/l. (Σχ.13) Η γωνία και η Έξοδος λιμανιού στις 30/3, 1/7 και 4/6 εμφανίζουν οριακές για τη διαβίωση ψαριών τιμές (5mg/l) ⁽⁶⁾. Οι υπόλοιπες μετρήσεις παρουσιάζουν συγκεντρώσεις περίπου ≈7mg/l.



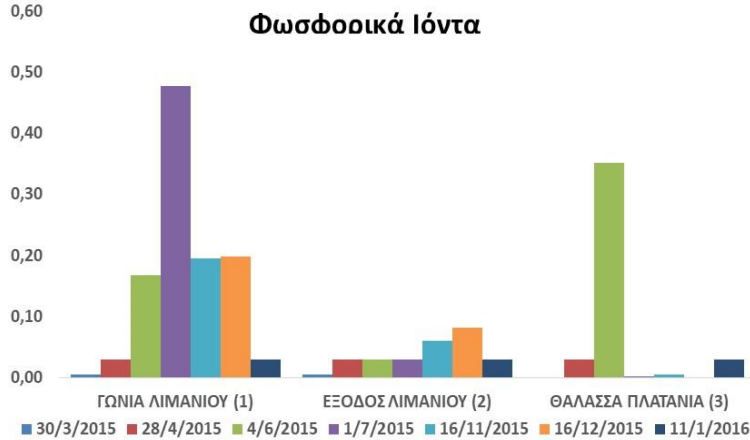
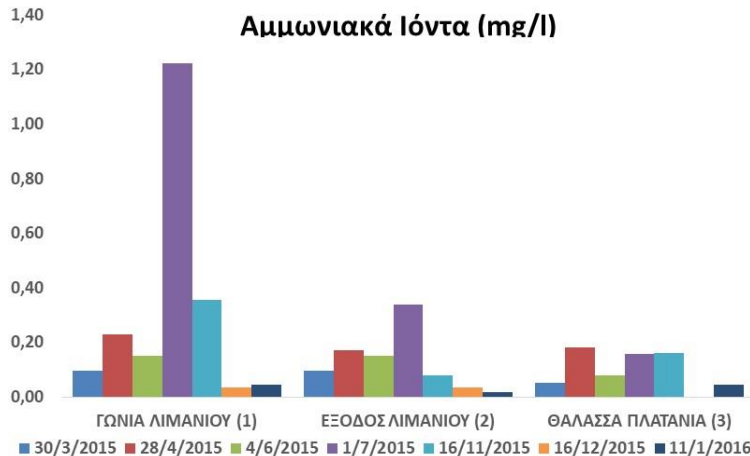
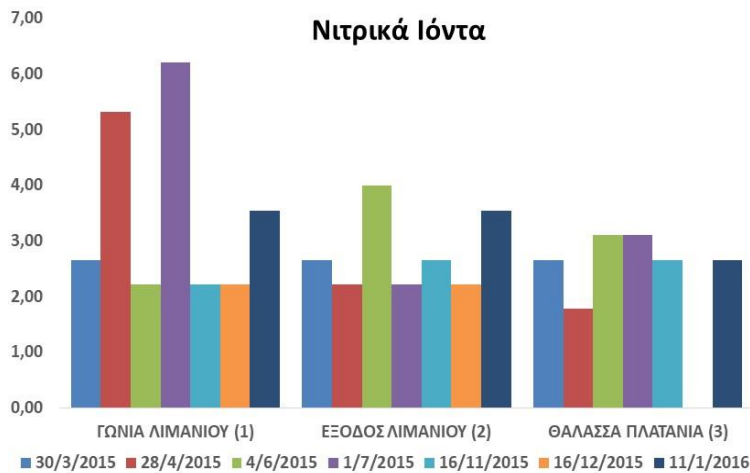
Σχήμα 13: Συγκριτική απεικόνιση των 3 σημείων Γωνία λιμανιού, Έξοδος λιμανιού και Θάλασσα Πλατανιά για τις παραμέτρους θερμοκρασίας, pH, θολρότητας, αλατότητας, DO, TDS και BOD

Στο BOD παρατηρούμε ότι όλες οι τιμές είναι εντός ορίων σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία η οποία ορίζει ότι σε θαλασσινό νερό η συγκέντρωση του BOD πρέπει να είναι κάτω από 40mg/l.⁽⁶⁾ Η πλειονηφία των δειγματοληψιών έδωσε είτε μηδενικές τιμές είτε πολύ χαμηλές έως 3 mg/l. Μοναδική εξαίρεση η δειγματοληψία της 16/11 όπου εμφανίζεται αυξημένη τιμή στα 9 mg/l στη γωνία λιμανιού, ενώ η αντίστοιχη τιμή στην Έξοδο του λιμανιού και τη Θάλασσα Πλατανιά είναι 7 mg/l. Αυτό, σε συνδυασμό με τις αυξημένες τιμές θολερότητας την ίδια ημερομηνία υποδεικνύει σημειακή ρύπανση των υδάτων, πιθανώς ως αποτέλεσμα επιφανειακής απορροής, ενώ φαίνεται για ακόμη μια φορά ότι στη γωνία λιμανιού όπου τα ύδατα είναι περισσότερο στάσιμα υπάρχει μεγαλύτερη συγκέντρωση, σε αντίθεση με την έξοδο του λιμανιού και τη θάλασσα Πλατανιά όπου υπάρχουν ρεύματα και μεγαλύτερες αραιώσεις.



Σχήμα 14: Συγκριτική απεικόνιση ιόντων καλίου και ασβεστίου στη Γωνία λιμανιού, Έξοδο λιμανιού και Θάλασσα Πλατανιά

Οι συγκεντρώσεις ιόντων καλίου παρουσιάζουν μικρές μεταβολές ενώ ο μέσος όρος και για τα τρία σημεία ανέρχεται στα 462mg/l. Εξαίρεση αποτελεί η μέτρηση στις 4/6 στη γωνία λιμανιού όπου η τιμή ανεβαίνει στα 815mg/l.(Σχ.14) Τα ιόντα καλίου βρίσκονται σε αφθονία στη φύση και σχετίζονται με αποσάθρωση πετρωμάτων.⁽⁶⁾ Ομαλή εποχική μεταβολή ακολουθούν τα ιόντα ασβεστίου με μείωση τους χειμερινούς μήνες και υψηλότερες συγκεντρώσεις το καλοκαίρι. (Σχ.14) Μέγιστη τιμή εμφανίζεται στις 28/4 στην γωνία και την έξοδο λιμανιού με 577,5mg/l και ελάχιστη στις 16/12 στα ίδια σημεία με 334,9 mg/l.



Θάλασσα Πλατανιά φαίνεται να μην επηρεάζεται από την ρύπανση εντός του λιμανιού και διατηρεί χαμηλές τιμές

Η συγκέντρωση φωσφορικών ιόντων στην θέση Γωνία λιμανιού φαίνεται να ακολουθεί την μεταβολή των νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων με ταυτόχρονη εμφάνιση της υψηλότερης τιμής 0,48mg/l την 1/7/2015 ενώ η πλειοψηφία των τιμών που μετρήθηκαν ξεπερνούσε τα όρια για τα κολυμβητικά ύδατα 0,1mg/l.⁽⁹⁾ Εκτός ορίων μετρήθηκε η συγκέντρωση φωσφορικών ιόντων στις 4/6 στη θέση Θάλασσα Πλατανιά με 0,35mg/l. (Σχ.15) ενώ όλες οι υπόλοιπες τιμές κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα. Συγκεντρώσεις πάνω από 0,1mg/l μπορούν να προκαλέσουν ραγδαία ανάπτυξη αλγών.⁽⁵³⁾

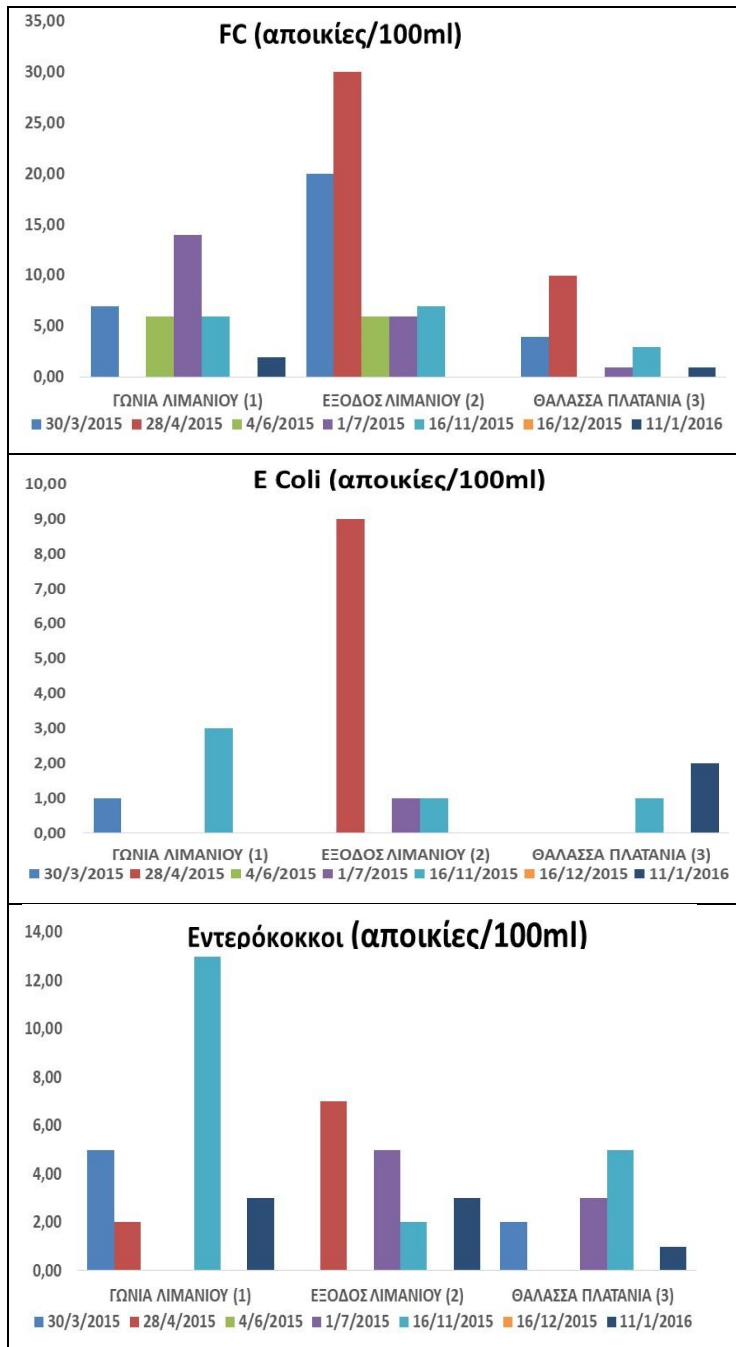
Σχήμα 35: Συγκριτική απεικόνιση των σημείων Γωνία λιμανιού, Έξοδος λιμανιού και Θάλασσα Πλατανιά για τις παραμέτρους των νιτρικών, αμμωνιακών και φωσφορικών ιόντων.

Η συγκέντρωση νιτρικών ιόντων στο σημείο Γωνία λιμανιού εμφανίζει τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις με δυο κορυφές στις 28/4 και 1/7 με τιμές 5,31 mg/l και 6,20mg/l αντίστοιχα. (Σχ.15) Οι υπόλοιπες μετρήσεις κυμαίνονται από 1,7-3,9mg/l ενώ όλες οι τιμές είναι εντός επιτρεπτών ορίων σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία για τα θαλάσσια ύδατα. Η Γωνία λιμανιού παρουσιάζει το υψηλότερο φορτίο εξαιτίας της στασιμότητας των υδάτων.

Το υψηλό νιτρικό φορτίο στην θέση Γωνία λιμανιού συνοδεύτηκε από ταυτόχρονη υψηλή συγκέντρωση αμμωνιακών ιόντων 1,22mg/l, ξεπερνώντας κατά πολύ το όριο των 0,5 mg/l σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία για τα κολυμβητικά ύδατα.⁽⁹⁾

Τα αμμωνιακά ιόντα στα υπόλοιπα σημεία μελέτης παρουσιάζουν εύρος τιμών 0,02-0,36mg/l χωρίς όμως να ξεπερνάει τα όρια. (Σχ.15) Η χωρική μείωση της υψηλής συγκέντρωσης των νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων οφείλεται στην παρουσία ρευμάτων τα οποία παρασύρουν το ρυπαντικό φορτίο εκτός λιμανιού με ταυτόχρονη αραίωση του. Τέλος το σημείο

Η συνολική εικόνα των αποτελεσμάτων δείχνει ότι η γωνία του λιμανιού είναι φανερά πιο επιβαρυνμένη συγκριτικά με τα άλλα δυο σημεία, η έξοδος λιμανιού λιγότερο, ενώ η θέση Θάλασσα Πλατανιά έχει το μικρότερο φορτίο. Οι μεγάλες συγκεντρώσεις των ιόντων μέσα στο λιμάνι αφενός φανερώνουν σημειακή ρύπανση ανθρωπογενούς προέλευσης και αφετέρου χαμηλή κίνηση ρευμάτων, ιδιαίτερα στη γωνία λιμανιού η οποία χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να εξισορροπήσει την προσλαμβάνουσα ποσότητα θρεπτικών αλάτων.

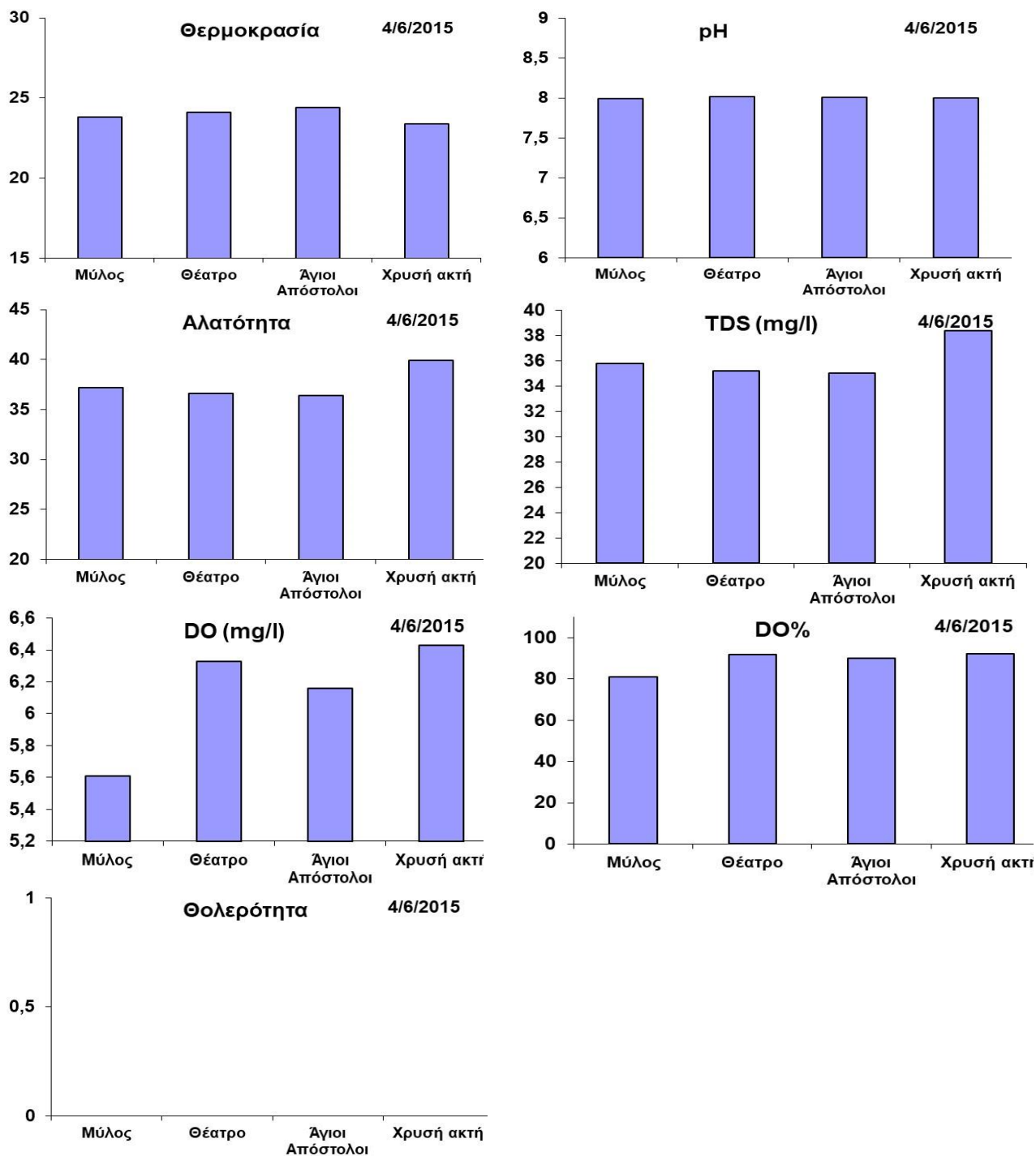


Σχήμα 16: Συγκριτική απεικόνιση των σημείων Γωνία λιμανιού, Έξοδος λιμανιού, Θάλασσα Πλατανιά για τα FC, E.coli και εντερόκοκκο

Το μικροβιολογικό φορτίο στο λιμάνι και τη θάλασσα του Πλατανιά βρίσκεται σε επίπεδα πολύ χαμηλότερα από τα επιτρεπτά όρια για τα κολυμβητικά ύδατα. Τα κοπρανώδη κολοβακτήρια κυμαίνονται από μηδέν έως και 30 αποικίες, μέγιστο το οποίο εμφανίζεται στις 28/4 στην Έξοδο του λιμανιού.(Σχ.16) Τα E.coli δίνουν 0-3 αποικίες με εξαίρεση και πάλι τις 28/4 όπου στην Έξοδο λιμανιού παρουσιάζουν μέγιστο στις 9 αποικίες. Τέλος, ο εντερόκοκκος με εύρος τιμών 0-13 αποικίες εμφανίζει μέγιστο στις 16/11 στη γωνία λιμανιού. Παρατηρούμε πως τα κοπρανώδη κολοβακτήρια καθώς και τα E.coli δίνουν μέγιστη τιμή στις 28/4 στην έξοδο του λιμανιού ενώ η γωνία λιμανιού την ίδια ημερομηνία έχει μηδενικό φορτίο και για τις δυο παραμέτρους.(Σχ.16) Αυτό ενδεχομένως οφείλεται σε ζωικής προέλευσης λύματα, ενώ συνολικά απουσιάζει η σταθερή απορροή αστικών λυμάτων.

➤ **ΑΚΤΕΣ**

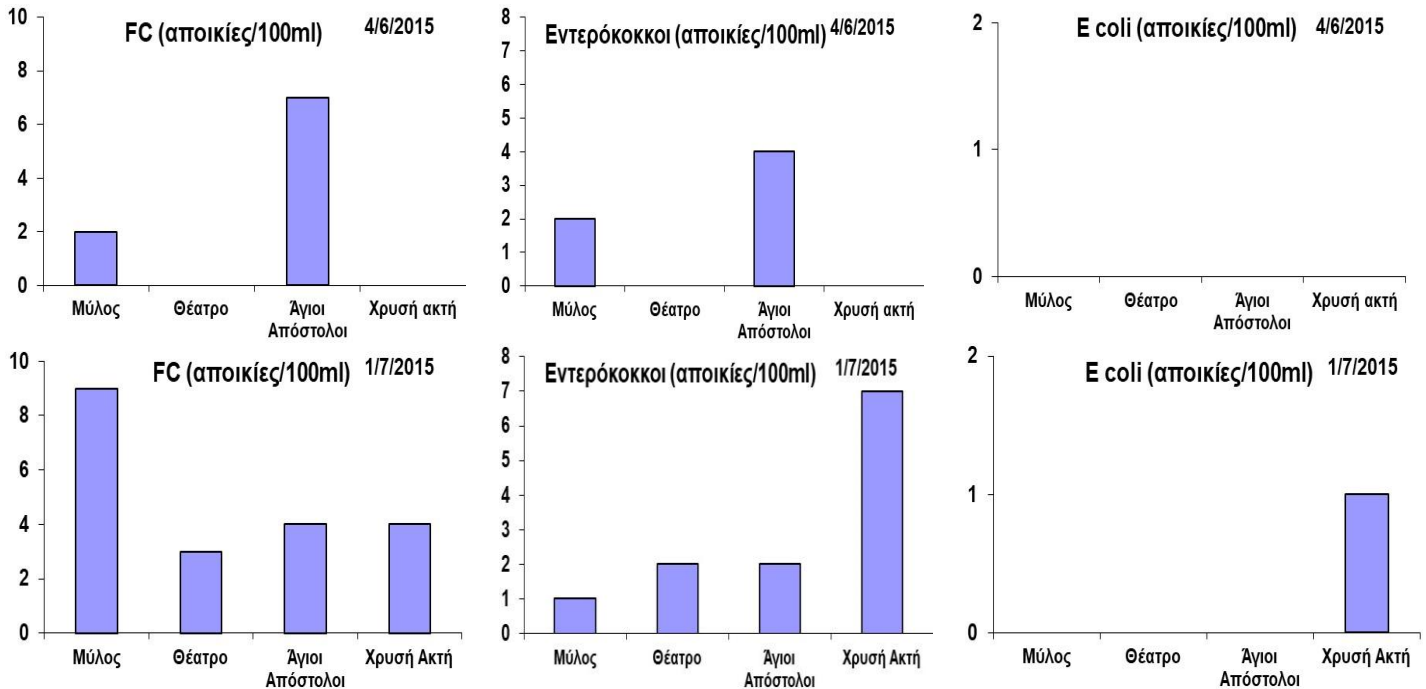
Η παράμετρος της θερμοκρασίας παρουσιάζει ομαλή εποχική μεταβολή στα παράκτια σημεία όπου έγιναν οι δειγματοληψίες. Οι τιμές του pH παραμένουν σχεδόν σταθερές για όλες τις ακτές που μελετήθηκαν. (Σχ.17)



Σχήμα 17: Συγκριτική απεικόνιση των παραμέτρων θερμοκρασίας, pH, αλατότητας, TDS, θολρότητας και DO στις ακτές Μύλος, Θέατρο, Άγιοι Απόστολοι και Χρυσή ακτή.

Ανάλογη σταθερότητα παρατηρείται και στην αλατότητα με εύρος τιμών από 36,4sal ‰ έως 39,9 sal ‰ και τη μέγιστη τιμή να εμφανίζεται στην Χρ. Ακτή. Οι τιμές είναι σε φυσιολογικά επίπεδα αφού η Μεσόγειος θάλασσα έχει μέση τιμή αλατότητας στα 39sal ‰. ⁽⁷⁾ Αντίστοιχη εικόνα παρουσιάζουν και τα ολικά διαλυμένα στερεά, με ελάχιστη τιμή 35mg/l και μέγιστη 38,4mg/l στην Χρ. Ακτή. Η θολερότητα παρουσιάζεται μηδενική σε όλα τα σημεία αποδεικνύοντας ότι τα νερά είναι διαυγή. (Σχ.17)

Σύμφωνα με την νομοθεσία που ορίζεται για τα επιφανειακά ύδατα, οι συγκεντρώσεις του διαλυμένου οξυγόνου κυμαίνονται από 80-120%.⁽⁵³⁾ Τα επίπεδα των τιμών από τις δειγματοληψίες που έλαβαν χώρα είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια με την ελάχιστη τιμή να βρίσκεται στα 81.2% στο σημείο «Μύλος» και την μέγιστη να βρίσκεται στα 92.4% στην Χρυσή Ακτή. Μελετώντας τις αντίστοιχες περιεκτικότητες του διαλυμένου οξυγόνου σε mg/l παρατηρούμε ότι ο Μύλος δίνει τιμή 5,61mg/l, η οποία σε συνάρτηση με την αντίστοιχη θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλή και εκτός εύρους.⁽⁶⁾ Στις υπόλοιπες ακτές οι τιμές εξακολουθούν να είναι χαμηλές, σε καλύτερα όμως επίπεδα από το Μύλο, και εμφανίζουν εύρος τιμών από 6,1mg/l έως 6,4 mg/l.



Σχήμα 18: Συγκριτική απεικόνιση των FC, εντερόκοκκων και E.coli στις ακτές Μύλος, Θέατρο, Άγιοι Απόστολοι και Χρυσή ακτή στις 4/6/2015 και 1/7/2015

Όσον αφορά το μικροβιολογικό φορτίο παρατηρούμε ότι στις 4/6 το Θέατρο και η Χρυσή Ακτή έχουν μηδενικές αποικίες και στις 3 παραμέτρους του μικροβιολογικού. Ο Μύλος παρουσιάζει 2 αποικίες εντερόκοκκων και 2 FC, ενώ οι Άγιοι Απόστολοι έχουν αντίστοιχα 7 και 4 αποικίες.⁽⁵³⁾ Τα E.coli παρουσιάζουν από όλα τα σημεία δειγματοληψίας. (Σχ.18)

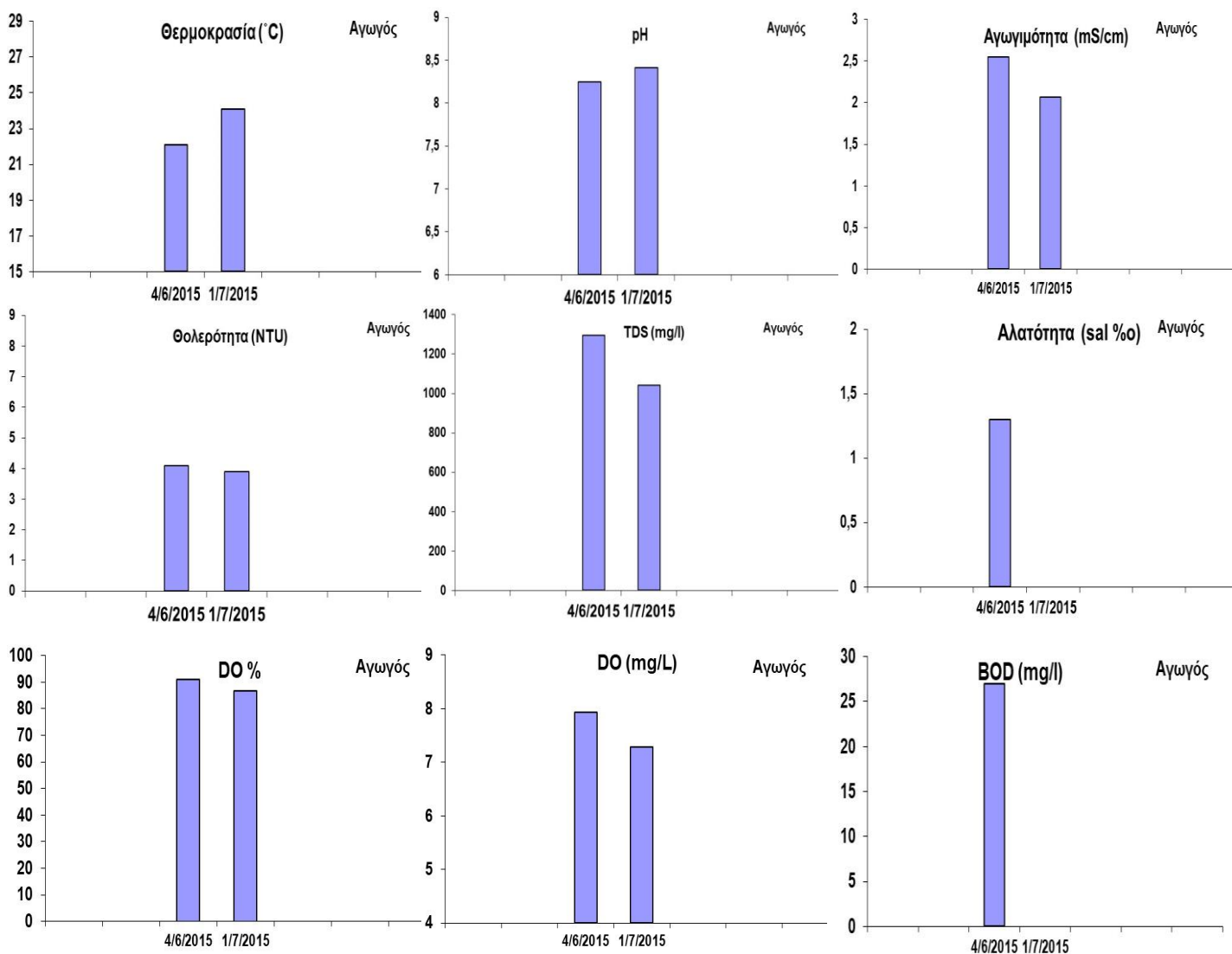
Στις 1/7 τα σημεία παρουσιάζουν ελάχιστο μεγαλύτερο φορτίο Ο Μύλος έχει τη μεγαλύτερη συγκέντρωση FC με 9 αποικίες, ενώ τα υπόλοιπα σημεία δίνουν 3 και 4 αποικίες. Η Χρυσή Ακτή

έχει τον μέγιστο αριθμό εντερόκοκκων με 7 αποικίες και τα υπόλοιπα σημεία έχουν 1 ή 2 αποικίες. Τέλος, τα E.coli παρουσιάζονται μόνο στη Χρυσή Ακτή με 1 αποικία.(Σχ.18)
Συμπερασματικά, και τα 4 σημεία απ' όπου πήραμε δείγμα εμφανίζονται καθαρά και δεν φαίνεται να υπάρχει σταθερή απορροή λυμάτων. Παρατηρούμε μια μικρή αύξηση του μικροβιολογικού φορτίου από τον Ιούνιο στον Ιούλιο η οποία όμως δεν υπερβαίνει τα ανώτατα επιτρεπτά όρια σύμφωνα με τα όσα ορίζει η ελληνική νομοθεσία για τα νερά κολύμβησης. (100αποικίες/100ml).⁽⁵³⁾

➤ ΑΓΩΓΟΣ

Από τον αγωγό έγιναν δειγματοληψίες στις 4/6/2015 και 1/7/2015. Στις υπόλοιπες προσπάθειες είτε δεν είχε απορροή είτε αναμειγνύονταν με το νερό της θάλασσας. Ο αγωγός αποβάλλει γλυκό νερό οπότε έγιναν και οι μετρήσεις που αφορούν τις παραμέτρους γλυκού νερού

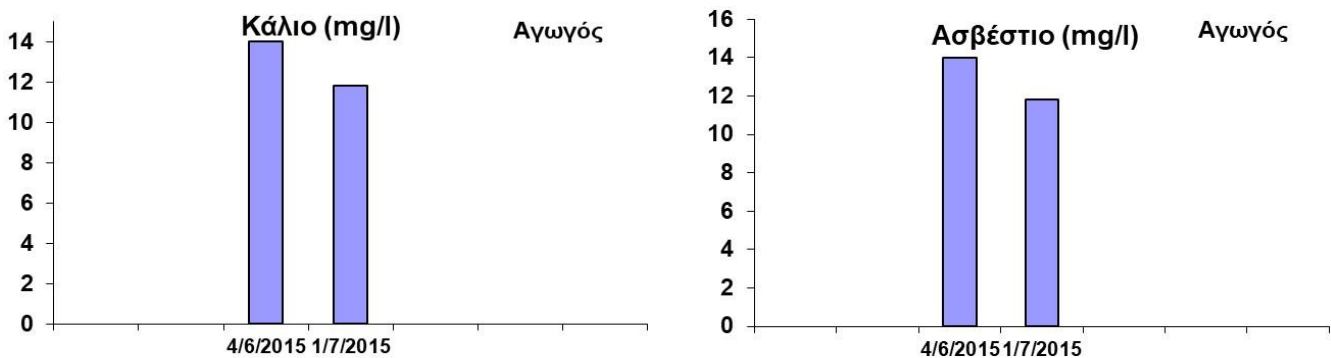
Η θερμοκρασία είναι σε φυσιολογικά όρια 22,1°C και 24,1°C για τον Ιούνιο και τον Ιούλιο αντίστοιχα. Το pH με μέσο όρο τιμών 8,3 για τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο, χαρακτηρίζεται ελαφρώς αλκαλικό ⁽³⁴⁾(Σχ.19) Η αγωγιμότητα εμφανίζεται στα 2,55 mS/cm κατά την πρώτη δειγματοληψία ενώ στην επόμενη μειώνεται στα 2,07 mS/cm. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία τα επιτρεπτά όρια για διάθεση λυμάτων σε ύδατα είναι 1000μS/cm (1mS/cm) ⁽⁵⁶⁾ Η αλατότητα στις 4/6 είναι 1,3 sal‰ και στην επόμενη μηδενική. Η ύπαρξη αλατότητας σε γλυκό νερό, σε συνδυασμό με τις υψηλές τιμές αγωγιμότητας και BOD, αποδεικνύουν πως η απορροή αυτή περιέχει οργανικό φορτίο. ⁽¹²⁾



Σχήμα 19: Γραφική απεικόνιση θερμοκρασίας, pH, αγωγιμότητας, θολρότητας, TDS, αλατότητα, DO, BOD στον αγωγό στις 4/6/2015 και 1/7/2015

Τα ολικά διαλυμένα στερεά εμφανίζουν περιεκτικότητα 1296 mg/l τον Ιούνιο και 1041 mg/l τον Ιούλιο, τιμές μεγαλύτερες από το όριο όπως ορίζεται από την ελληνική νομοθεσία για τα γλυκά νερά (1000mg/l)⁽⁵³⁾ Η θολερότητα βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα με 4,1 NTU και 3,9 NTU στις 4/6 και 1/7 αντίστοιχα, ενώ φαίνεται να έχουν την ίδια πορεία με τα ολικά διαλυμένα στερεά. (Σχ.19) Το διαλυμένο οξυγόνο με εύρος τιμών 80-120%, κυμαίνεται σε καλά επίπεδα με 90,9% στην πρώτη δειγματοληψία και 86,7% στη δεύτερη.⁽⁵³⁾ Αντίστοιχα καλή παρουσιάζεται η εικόνα του DO και στην περιεκτικότητά του σε mg/l με 7,93 και 7,29 στην πρώτη και τη δεύτερη δειγματοληψία.

Το BOD στις 4/6 αγγίζει τα 27 mg/l. Στις 1/7 λόγω αστοχίας κατά την πειραματική διαδικασία δεν καταφέραμε να πάρουμε μέτρηση. Σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία λύματα που διοχετεύονται στη θάλασσα πρέπει να έχουν BOD μικρότερο των 40mg/l επομένως είναι εντός ορίων.⁽¹⁶⁾ Σε σύγκριση με όλες τις υπόλοιπες μετρήσεις που έγιναν στο λιμάνι και τις ακτές, ο αγωγός εμφανίζει αρκετά μεγάλο οργανικό φορτίο.



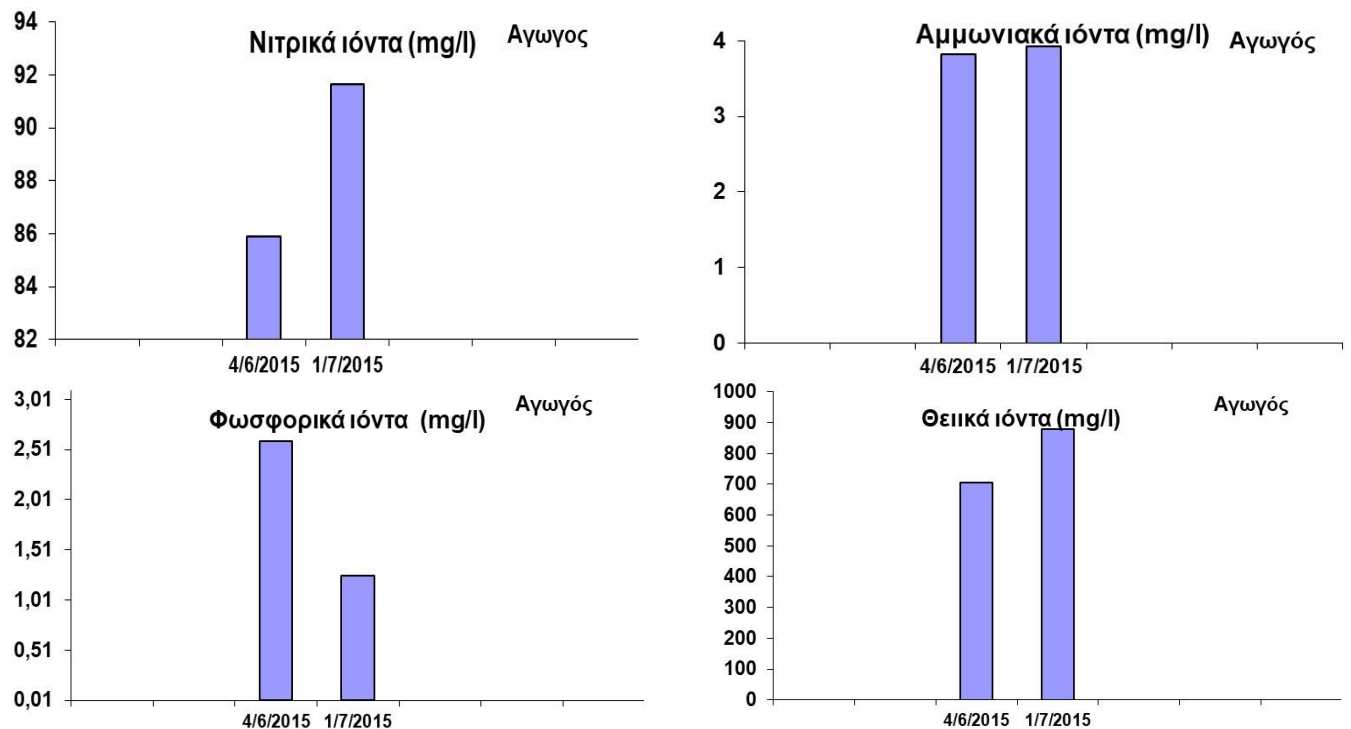
Σχήμα 20: Γραφική απεικόνιση των ιόντων καλίου και ασβεστίου στον αγωγό στις 4/6/2015 και 1/7/2015

Τα ιόντα καλίου στον αγωγό έχουν συγκέντρωση 14 mg/l και 11,8mg/l στην πρώτη και δεύτερη δειγματοληψία αντίστοιχα. (Σχ.20) Η συγκέντρωσή τους σε υπόγεια και επιφανειακά νερά κυμαίνεται στα 10 mg/l, με εξαίρεση κάποιες γεωλογικές συνθήκες όπου η τιμή μπορεί να κυμανθεί στα 20-25 mg/l.⁽⁵⁵⁾ Τα ιόντα ασβεστίου με τιμές από 14 mg/l και 11,8 mg/l βρίσκονται σε φυσιολογικά επίπεδα δεδομένου ότι η παρουσία τους οφείλεται στην φυσική αποσάθρωση πετρωμάτων πλούσια σε ασβεστόλιθο, δολομίτη και γύψο.

Τα νιτρικά ιόντα με μεγάλη διαφορά μεταξύ τους και ακόμα πιο μεγάλη διαφορά από το επιτρεπτό όριο που είναι τα 20 mg/l όπως ορίζει η ελληνική νομοθεσία για τα επιφανειακά νερά, έχουν τιμή 85,90 mg/l στις 4/6 και 91,65 mg/l στις 1/7.⁽⁵³⁾ Τα αμμωνιακά ιόντα με ανώτατο όριο τα 0,5 mg/l, έχουν τιμή 3,8 mg/l για τον μήνα Ιούνιο και 3,9 mg/l τον Ιούλιο.⁽⁵³⁾ (Σχ.21)

Το όριο των φωσφορικών ιόντων είναι 0,1mg/l και στην περίπτωση του αγωγού είναι και οι δύο μετρήσεις κατά πολύ εκτός εύρους με 2,5 mg/l κατά την πρώτη δειγματοληψία και 1,2 mg/l κατά τη δεύτερη. Η τιμή 0,1mg/l αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στην ραγδαία ανάπτυξη αλγών που οδηγούν στο φαινόμενο του ευτροφισμού.⁽⁵³⁾

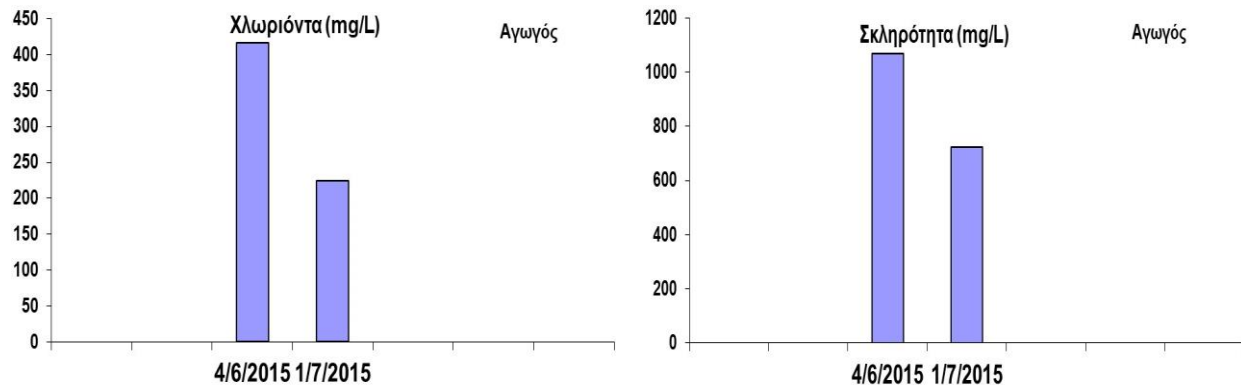
Τα θειικά ιόντα εμφανίζονται με αρκετή διαφορά ανάμεσά τους και τιμή 705 mg/l για την πρώτη δειγματοληψία και 880 mg/l για τη δεύτερη. (Σχ.21) Με θεσμοθετημένο όριο για τα επιφανειακά νερά, στα 250mg/l τόσο η πρώτη δειγματοληψία, όσο και η δεύτερη ξεπερνάνε κατά πολύ την επιθυμητή τιμή.⁽⁵³⁾



Σχήμα 21: Γραφική απεικόνιση νιτρικών αμμωνιακών, φωσφορικών και θειικών ιόντων στον αγωγό στις 4/6/2015 και 1/7/2015

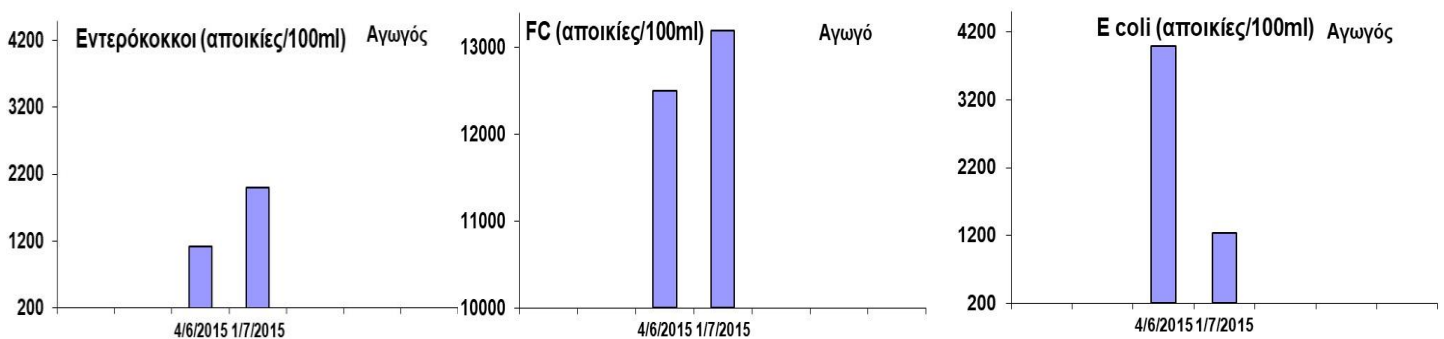
Στις 4/6 βλέπουμε τα χλωριόντα να αγγίζουν τα 415,8 mg/l ενώ στις 1/7 είναι περίπου στη μισή τιμή με 223,9 mg/l. (Σχ.22) Το γλυκό πόσιμο νερό πρέπει να έχει συγκέντρωση χλωριόντων μικρότερη των 250mg/l, αλλά όσων αφορά γλυκό νερό άγνωστης προέλευσης που εκβάλλει στη θάλασσα όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση, εκεί η έντονη παρουσία χλωριόντων συνδυαστικά με άλλες παραμέτρους (μικροβιολογικές, νιτρώδη, αμμωνιακά) υποδεικνύει ρύπανση από λύματα. Λαμβάνοντας υπόψη και την αγωγιμότητα παρατηρούμε ότι οι μετρήσεις μεταβάλλονται ανάλογα με μέγιστο στις 4/6. ⁽³⁾

Η σκληρότητα φαίνεται ότι μεταβάλλεται ανάλογα με τα χλωριόντα και την αγωγιμότητα, με τιμή 1070mg/l κατά την πρώτη δειγματοληψία και στη συνέχεια μείωση στα 724 mg/l. (Σχ.22) Το πόσιμο νερό μετά από αποσκλήρυνση σύμφωνα με την ελληνική νομοθεσία πρέπει να έχει 150mg/l CaCO₃. ⁽³⁾



Σχήμα 22:Γραφική απεικόνιση των χλωριόντων και της σκληρότητας στον αγωγό στις 4/6/2015 και 1/7/2015

Όσον αφορά το μικροβιολογικό φορτίο παρατηρούμε ότι τόσο ο εντερόκοκκος, όσο τα e-coli αλλά και τα FC είναι όλα εκτός του επιτρεπόμενου ορίου βάσει της νομοθεσίας με τον εντερόκοκκο να έχει 1120 αποικίες στις 4/6 και ακολούθως 2000 αποικίες στις 1/7 ενώ το αντίστοιχο επιτρεπτό όριο είναι οι 100 αποικίες/ 100 ml δείγματος (Σχ23). Ανάλογα κυμαίνονται και τα FC όπου η μεγαλύτερη τιμή εμφανίζεται στη δεύτερη δειγματοληψία με 13200 αποικίες και 12500 στη πρώτη, όταν το θεσμοθετημένο εύρος είναι οι 100αποικίες / 100ml δείγματος.⁽⁶⁾ Τα E-coli, αντίστροφα, παρουσιάζουν μέγιστο τον Ιούνιο με 4000 αποικίες και τον Ιούλιο εμφανίζουν μείωση με 1240 αποικίες, εκ των οποίων και οι δυο δειγματοληψίες ξεπερνούν κατά πολύ το επιτρεπτό όριο των 100 αποικιών/ 100 ml δείγματος.⁽⁵³⁾



Σχήμα 23:Γραφική απεικόνιση των FC, E.coli και εντερόκοκκων στον αγωγό στις 4/6/2015 και 1/7/2015

Συμπερασματικά παρατηρούμε μια ανάλογη τάση μεταβολής της αγωγιμότητας της σκληρότητας και των χλωριόντων κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών ενώ και οι 3 παράμετροι έχουν πολύ μεγαλύτερες τιμές από τα επιθυμητά όρια, χωρίς όμως να επηρεάζουν τα νερά κολύμβησης στα οποία εκβάλλει ο αγωγός. Η πολύ μεγάλη συγκέντρωση θρεπτικών συστατικών στα δείγματα του αγωγού υποδεικνύει την υποβαθμισμένη ποιότητα του νερού, η οποία δύναται να επηρεάσει την ποιότητα της θάλασσας η οποία τελικά δέχεται το φορτίο. Τέλος, και οι 3 παράμετροι του μικροβιολογικού φορτίου δίνουν πολύ μεγάλες τιμές, συμπεραίνοντας ότι το νερό του αγωγού πιθανώς εμπλουτίζεται τόσο από αστικά όσο και από γεωργικά λύματα και κτηνοτροφικά απόβλητα.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όσον αφορά τον λιμένα του Πλατανιά, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η ποιότητα των υδάτων του είναι σε σχετικά καλή κατάσταση παρότι υπήρξαν τιμές εκτός εύρους σύμφωνα με τα όσα ορίζει η νομοθεσία. Η γωνία του λιμανιού έχει την τάση να εμφανίζει υψηλότερες συγκεντρώσεις συγκριτικά με τα άλλα δυο σημεία λόγω των ρευμάτων και της στασιμότητας των υδάτων. Στην έξοδο του λιμανιού εμφανίζονται μειωμένες συγκεντρώσεις που σημαίνει ότι το ρυπαντικό φορτίο μετακινείται προς την ανοιχτή θάλασσα επομένως και αραιώνεται. Τα θρεπτικά συστατικά σε ορισμένες περιπτώσεις είναι αυξημένα, τα οποία μαζί με την έλλειψη οξυγόνου που εμφανίστηκε σε κάποιες δειγματοληψίες θα μπορούσαν να πυροδοτήσουν το φαινόμενο του ευτροφισμού, οι πιθανότητες όμως είναι μικρές αφού μόνο το σημείο «γωνία λιμανιού» επιβαρύνεται περισσότερο, ενώ στο υπόλοιπο λιμάνι η κίνηση των υδάτων είναι πιο έντονη. Παρόλα αυτά κάθε εργασία γύρω από την περιοχή θα πρέπει να γίνεται με προσοχή καθώς η συνεχής απόρριψη ρυπαντικών ουσιών στο λιμάνι (εκούσια ή ακούσια) μπορεί μελλοντικά να επιφέρει σοβαρή ρύπανση. Συμπερασματικά, η ποιότητα των υδάτων στο λιμάνι του Πλατανιά δεν φαίνεται να επηρεάζεται τόσο από τον τουρισμό τους καλοκαιρινούς μήνες, όσο επηρεάζεται κατά τη διάρκεια όλου του χρόνου από άλλους παράγοντες όπως οι οικοδομικές και άλλες εργασίες, η επιφανειακή απορροή, η γεωργία στην ευρύτερη περιοχή ή ενδεχομένως και από αγωγούς όμβριων υδάτων.

Όσον αφορά τις ακτές, οι τιμές των παραμέτρων που μετρήθηκαν εμφανίζονται σε φυσιολογικά πλαίσια χωρίς να προκαλούν κάποια ανησυχία για την ποιότητα των υδάτων. Παρατηρείται μια αύξηση στη συγκέντρωση του μικροβιολογικού φορτίου από τον Ιούνιο στον Ιούλιο που ενδεχομένως εξηγείται από την αυξανόμενη προσέλευση τουριστών, είτε στην ίδια την παραλία είτε στα ξενοδοχεία που βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή. Παρόλα αυτά οι τιμές είναι πολύ χαμηλές για να προκαλέσουν προβλήματα.

Αναφορικά με τον αγωγό οι περισσότερες από τις παραμέτρους που μετρήθηκαν είναι εκτός ορίων σύμφωνα με τα όσα ορίζει η νομοθεσία. Πιο συγκεκριμένα, η μέτρηση της αγωγιμότητας σε συνδυασμό με τα χλωριόντα, τη σκληρότητα αλλά και τα θρεπτικά συστατικά υποδεικνύουν ρύπανση από λύματα, ενώ και οι τιμές του μικροβιολογικού φορτίου αποδεικνύουν το γεγονός αυτό. Ο αγωγός αποτελεί κατάληξη ρέματος, το οποίο διέρχεται από την πάνω Αγία Μαρίνα και καταλήγει στο σημείο της μελέτης. Σε αντίστοιχη έρευνα που έγινε την ίδια χρονική περίοδο στα ποτάμια Κερίτη, Ταυρωνίτη και Κλαδισό⁽³³⁾ όλες οι παράμετροι είναι πολύ χαμηλότερες από τις αντίστοιχες του αγωγού επομένως, γίνεται αντιληπτό ότι το νερό αυτό δεν εμπλουτίζεται μόνο από επιφανειακές απορροές, αλλά κυρίως από γεωργικά και κτηνοτροφικά απόβλητα, και πιθανές παράνομες ρίψεις από τα γύρω σπίτια- ξενοδοχεία- καταστήματα εστίασης. Στο συμπέρασμα αυτό συμβάλει και το γεγονός ότι ο αγωγός έχει ροή και κατά την ξηρή περίοδο, ενώ χειμώνα πολλές φορές στερεύει. Ενδεικτικά, παρατίθεται πίνακας με τις τιμές αγωγού, Κερίτη, Ταυρωνίτη και Κλαδισού, για ορισμένες παραμέτρους.

Πίνακας5: Μέσος όρος τιμών αγωγού, Κερίτη, Ταυρωνίτη και Κλαδισού για τις παραμέτρους αγωγιμότητας, ιόντων καλίου, ασβεστίου, σκληρότητας, χλωριόντων, νιτρικών, αμμωνιακών, φωσφορικών, θεικών ιόντων και TDS⁽³³⁾

	Αγωγός	Κερίτης	Ταυρωνίτης	Κλαδισός
Αγωγιμότητα(μS/cm)	2310	710	502	388
ιόντα καλίου (mg/l)	13	1,3	1,8	1,3
Ιόντα ασβεστίου (mg/l)	13	52,6	39,1	41
Σκληρότητα (mg/l)	897	368	224	188
Χλωριόντα (mg/l)	319	39,8	46,8	36,7
Αμμωνιακά ιόντα (mg/l)	3,85	0,1	0,15	0,4
Νιτρικά ιόντα (mg/l)	88	7,8	9,9	8,4
Φωσφορικά Ιόντα (mg/l)	1,85	0,3	0,9	0,3
Θειικά ιόντα (mg/l)	792,5	274,3	94	48,25
TDS (mg/l)	1168	345	243	189

Καταλήγοντας, πρέπει να τονιστεί πως το νερό αυτό, απορρέει σε μία πολύ δημοφιλή παραλία με εκατοντάδες μικρούς και μεγάλους να έρχονται σε επαφή με αυτό, κάτι που μπορεί να προκαλέσει αρκετά προβλήματα.

Οι τοπικοί φορείς είναι υπεύθυνοι για την ευαισθητοποίηση των πολιτών σχετικά με τις απορρίψεις λυμάτων σε υδατορέματα αλλά και την εφαρμογή μη ρυπογόνων λιπασμάτων στον τομέα της γεωργίας ο οποίος επιβαρύνει σημαντικά τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Από την άλλη μεριά, οι ίδιοι οι πολίτες πρέπει να συμβάλλουν στη διατήρηση, ίσως και βελτίωση του φυσικού τοπίου και της ποιότητας του οικοσυστήματος που μας περιβάλλει, διακόπτοντας συνειδητά τη συνεχή διοχέτευση αποβλήτων σε δρόμους, ποταμούς και ρέματα. Πολύ σημαντικός παράγοντας ακόμη, είναι ευαισθητοποίηση των κατοίκων των επισκεπτών για τα περιβαλλοντικά προβλήματα της περιοχής, και κατ' επέκταση τα πιθανά προβλήματα υγείας που μπορεί να προκύψουν, ώστε να συμβάλλουν στην πρόληψη ή/και την αντιμετώπιση τους ή τουλάχιστον να μην επιβαρύνουν παραπάνω το περιβάλλον. Ο τόπος αυτός αποτελεί κληρονομιά των ίδιων των κατοίκων, οι οποίοι με ευαισθησία και υπευθυνότητα υποχρεούνται να φροντίζουν για την ανάπτυξη και ευημερία του.

ΠΑΡΑΠΟΜΠΕΣ

1. Κατωπόδης Γ., 2018, Νερό: Το Απόλυτο Αγαθό. Η Ρύπανση Του Και Οι Επιπτώσεις Στην Υγεία, , Ιατρική Σχολή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Διαθέσιμο: <https://pergamos.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/2838625/theFile/2839709>
2. Wikipedia, Νερό- Γενικά για το νερό. Διαθέσιμο: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B5%CF%81%CF%8C>
3. Δασκαλάκη Α., 2008 , Υφαλμύριση Γεωτρήσεων», Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Κρήτης
4. Αντωνακούδης Μ., Παπαδάτος Σ.Δ., 2010, Θαλάσσια Ρύπανση Από Ραδιενεργά Απόβλητα, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
5. Αλμπανάκης, Κ., Μαθήματα Ωκεανογραφίας, Ψηφιακό βιβλίο, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Διαθέσιμο: http://www.geo.auth.gr/courses/gge/gge768e/E_OCEAN_ALBANAKIS/oceanografia/OCEAN_ALBANAKIS.htm
6. Ζανάκη Κ., 2001, Έλεγχος Ποιότητας Νερού, Εκδόσεις Ίων
7. Κωνσταντίνος Δ. Ξένος, 2000, Χημική Ωκεανογραφία, Μακεδονικές Εκδόσεις. ISBN 978-960-319-141-4.
8. Τσιούρης Σ. Ε., 2001, Θέματα Προστασίας Περιβάλλοντος, Εκδόσεις Γαρταγάνης, ISBN 960-701-326-3
9. Μήνου Α., 2009, Προσδιορισμός Του Επιπέδου Ρύπανσης Στον Εμπορικό Λιμένα Της Σούδας Και Στον Ενετικό Λιμένα Χανίων, Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Κρήτης
10. Πετρέα Α., 2011, Μελέτη Στη Συμβολή Της Νιτρορύπανσης Σε Μια Λεκάνη Απορροής Στο Νομό Μεσσηνίας, Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Αγροχημείας και Βιολογικών Καλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων
11. Μακρή Ζ., Μελέτη Των Περιβαλλοντικών Παραμέτρων Του Υδατικού Αποδέκτη (Πατραϊκού Κόλπου) Των Επεξεργασμένων Αστικών Λυμάτων Της Πόλης, Μεταπτυχιακή διατριβή, Διατμηματικό Πρόγραμμα Περιβαλλοντικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Πατρών. Διαθέσιμο: [https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4763/6/Nimertis_Theodorakopoulos\(bio\).pdf](https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/4763/6/Nimertis_Theodorakopoulos(bio).pdf)
12. Δασενάκης Ε., Καραβόλτσος Σ., Λαδάκης Ε., Παρασκευοπούλου Β., Χημική Ωκεανογραφία, , Εκδόσεις Κάλλιπος. Διαθέσιμο: https://repository.kallipos.gr/pdfviewer/web/viewer.html?file=/bitstream/11419/4683/1/Dasenakis_01-10.pdf

13. Ζάκας Γ. Χ., 2006, Διεύρυνση Της Μικροβιολογικής Ρύπανσης Του Υδάτινου Περιβάλλοντος Στη Βδ Ελλάδα Και Μελέτη Της Ευαισθησίας Στα Αντιβιοτικά Των Απομονωθέντων Βακτηριακών Στελεχών (Από Νερά Και Ψάρια), Διδακτορική Διατριβή, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Διαθέσιμο: <http://olympias.lib.uoi.gr/jspui/bitstream/123456789/7283/1/%CE%94.%CE%94.%20%CE%96%CE%91%CE%9A%CE%91%CE%A3.pdf>
14. Γαλάζια Σημαία, Γενικά για τη Γαλάζια Σημαία. Διαθέσιμο: <https://www.blueflag.gr/criteria/env-edu-info>
15. Blue Flag Worldwide. Διαθέσιμο: <https://www.blueflag.global/>
16. Γαλάζια Σημαία, Κριτήρια Απονομής Γαλάζιας Σημαίας. Διαθέσιμο: <https://www.blueflag.gr/about>
17. Αντωνόπουλος Β., Ποιότητα Νερού και Ρύπανση Υδατικών Πόρων, Τομέας Εγγείων Βελτιώσεων, Εδαφολογίας και Γεωργικής Μηχανικής, Τμήμα Γεωπονίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
18. Μερκούρη Μ., 2008, Βιώσιμη Ανάπτυξη Και Αστικός Χώρος: Ο Ρόλος Των Βασικών Υπηρεσιών, Τμήμα Οικονομικής και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πάντειο Πανεπιστήμιο. Διαθέσιμο: <http://www.larissa-chamber.gr/Uploads/Files/meletes/mercouri.pdf>
19. Φερετζάκης Κ., 2014, Η Ρύπανση Των Υδάτων: Η Φύση Του Προβλήματος Και Ο Έλεγχος Της Ρύπανσης, Τμήμα Λογιστικής και Χρηματοοικονομικής, ΤΕΙ Κρήτης
20. Σκάρπης Α., 2014, «Μεσόγειος Θάλασσα», Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Ναυτιλιακών Σπουδών, Πανεπιστήμιο Πειραιώς. Διαθέσιμο: <http://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/6471/MN08010.pdf?sequence=1>
21. Οργανισμός Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, 2009, Εκθέσεις Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων- Ελλάδα, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Διαθέσιμο: https://books.google.gr/books?id=3UTs87CaIAIC&printsec=frontcover&hl=el&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
22. Κωτσοβινός Ν. Ε., 1990, Η Πόλη Της Χαλκίδας- Το Πρόβλημα Της Ρύπανσης Στον Ευβοϊκό Κόλπο, Διεθνές Επιστημονικό Συνέδριο, Εταιρεία Ευβοϊκών Σπουδών. Διαθέσιμο: https://www.researchgate.net/publication/275024135_TO_PROBLEMA_TES_RYPANSES_STON_EUBOIKO_KOLPO
23. Koutsodendris A., Papatheodorou G., Kougiourouki O., Georgiadis M., 2007, Benthic Marine Litter In Four Gulfs In Greece, Eastern Mediterranean; Abundance, Composition And Source Identification. Διαθέσιμο: https://www.researchgate.net/publication/229059638_Benthic_marine_litter_in_four_Gulfs_in_Greece_Eastern_Mediterranean_abundance_composition_and_source_identification

24. Varnavas Soterios P., Voutsinou – Taliadouri Fanny, 1994, Geochemical And Sedimentological Patterns In The Thermaikos Gulf, North-West Aegean Sea, Formed From A Multisource Of Elements. Διαθέσιμο: https://www.researchgate.net/publication/223051103_Geochemical_and_sedimentological_patterns_in_the_thermaikos_gulf_north-west_Aegean_sea_formed_from_a_multisource_of_elements
25. Τζανέτου Γ., 2015, Μελέτη Της Διακύμανσης Μακροθρεπτικών Συστατικών Και Φυσικοχημικών Παραμέτρων Σε Πεδίο Ανάμειξης Αλμυρού Και Γλυκού Νερού Σε Συνάρτηση Με Τη Λειτουργία Φράγματος, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών. Διαθέσιμο: <https://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/handle/10889/9126>
26. Μωρίκη Α., Κωστή Ντ., Νίκα Μ., Φυσικοχημικές Παράμετροι Ποιότητας Των Νερών Στο Λιμάνι Νέων Μουδανιών Χαλκιδικής, Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης. Διαθέσιμο: https://oceanos-dspace.hcmr.gr/bitstream/handle/123456789/1208/055_Morikh.pdf?sequence=1
27. Συλαίος Γ., Ιωαννίδου Δ., Σταμάτης Ν., Καλλιανιώτης Α., 2000, Εκτίμηση Της Ποιότητας Νερού Στον Κόλπο Καβάλας, 6ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Χίος, σελ 424-428
28. Triantafyllou G., Petihakis G., Donnas C., Theodorou A., 2001, Assessing Marine Ecosystem Response To Nutrient Inputs, Marine Pollution Bulletin 43, page 175-186
29. Γκότση Ο., Ψόχιου Ε., Λεμπέσης Γ., Μπράμπα Δ., Θεοδώρου Α., Μπαλόπουλος Ε., 2000 Εποχιακή Διακύμανση Φυτοπλαγκτού Και Περιβαλλοντικών Παραμέτρων Σε Ημίκλειστη Θαλάσσια Περιοχή (Αμβρακικός Κόλπος), 6ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Χίος, σελ.512-516
30. Μαρουλάκη Σ., Αθανασίου Δ., 2004., Χημικές Παράμετροι Στο Υδατικό Περιβάλλον Του Παλιού Λιμένα Χανίων, Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Κρήτης
31. Δασενάκης Μ., Λαδάκης Μ., Τριανταφυλλάκη Σ., Χαλκιαδάκη Ό., Η Επίδραση Του Ποταμού Μορώνη Στο Θαλάσσιο Περιβάλλον Του Κόλπου Της Σούδας, Εργαστήριο Περιβαλλοντικής Χημείας και Ωκεανογραφίας, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Αθηνών. Διαθέσιμο: https://oceanospace.hcmr.gr/bitstream/handle/123456789/1123/088_tel_Dassenakis%20%282%29.pdf?sequence=1
32. Κασσινά Ζ., 2010, Μικροβιολογική Ανάλυση Νερών Κολύμβησης Σε Παραλίες Του Νομού Χανίων, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Κρήτης. Διαθέσιμο: <http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/sdfp/2010/KasinaZacharoula/attached-document-1277729104-763871-19741/2010kasina.pdf>
33. Σακελλαράκη Ευαγγελία-Βεατρίκη, 2017, Χωροχρονική Μεταβολή Του Επιπέδου Ρύπανσης Των Ποταμών Ταυρωνίτη, Κερίτη, Κλαδισού. Ποιοτική Επιβάρυνση Της

Θαλάσσιας Περιοχής Νέας Χώρας, Πτυχιακή εργασία, Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, ΤΕΙ Κρήτης

34. Χουρδάκης Α.Κ., 2007, Μικροβιολογική Ποιότητα Νερών Και Χειμάρρων Ευρύτερης Περιοχής Μυτιλήνης, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου. Διαθέσιμο: <https://hellanicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/7432/file0.pdf?sequence=2>

35. Χατζηκοσεγιάν Α., Μπένος Δ., Στασινός Σ., 2013, Σημειώσεις Υγιεινής Περιβάλλοντος Συνοπτική Θεωρία Και Εργαστηριακές Ασκήσεις, Τμήμα Δημόσιας Υγιεινής, ΤΕΙ Αθήνας. Διαθέσιμο: <https://docplayer.gr/4512018-Simeioseis-ygieinis-perivallontos-synoptiki-theoria-kai-ergastiriakes-askiseis.html>

36. Μυριούνης Χ. Τ., 2008, Υδρογεωλογική Και Υδροχημική Διερεύνηση Των Υπόγειων Νερών Της Παράκτιας Ζώνης Της Υδρολογικής Λεκάνης Αλμυρού Μαγνησίας, Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Διαθέσιμο: http://ikee.lib.auth.gr/record/112492/files/Phd_Myriounis_print.pdf

37. Εργαστηριακές ασκήσεις Παράκτιας Ωκεανογραφίας, 2016, Η Αλατότητα Του Θαλασσινού Νερού, Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων, Πανεπιστήμιο Πατρών

38. IB Chemistry- Syllabus 2016. Διαθέσιμο: <https://www.ibchem.com/IB16/08.84.htm>

39. Wikipedia, Πεχάμετρο Διαθέσιμο: <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B5%CF%87%CE%AC%CE%BC%CE%B5%CF%84%CF%81%CE%BF>

40. Βουδούρης Κ., Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμάτων (ΧΥΤΑ), Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Διαθέσιμο: <http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/>

41. Γιαννάκης Στ., 2010, Επιρροή Των Ρεμάτων Της Αστικής Και Περιαστικής Ζώνης Του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης Στην Παράκτια Ρύπανση Του Θερμαϊκού Κόλπου, Διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

42. Νάκου Κ. 2014, Ολική Σκληρότητα Και Χλωρίοντα Του Νερού Στις Νησιωτικές Περιοχές, Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανικών Οικονομίας και Διοίκησης, Πανεπιστήμιο Αιγαίου. Διαθέσιμο: <http://hellanicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/8465/file1.pdf?sequence=2>

43. Μαυρίδου Α., Δείκτες ρύπανσης, Τμήμα Ιατρικών Εργαστηρίων, ΤΕΙ Αθήνας. Διαθέσιμο: <users.teiath.gr/amavridou/9277/1443/indicators.ppt>

44. Λυδάκης – Σημαντήρης Ν., Γενική Χημεία και Ενόργανη Ανάλυση, Εκδόσεις Τζιόλα

45. WebElements Periodic Table, Potassium. Διαθέσιμο: <https://www.webelements.com/potassium/>
46. Χαραλάμπους Α. Ι., Περιβαλλοντική Επιστήμη, Υδατικό Περιβάλλον Μέρος 4ο, Εγχειρίδιο Μαθήματος 'Περιβαλλοντική Επιστήμη', Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Διαθέσιμο: <https://courses.chemeng.ntua.gr/download/660>
47. Δήμος Πλατανιά, Στρατηγικό Σχέδιο Επιχειρησιακού Προγράμματος Δήμου Πλατανιά 2013-2014. Διαθέσιμο: <https://tinyurl.com/y3c76m99>
48. Δήμος Χανίων, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Δήμου Χανίων 2014-2019. Διαθέσιμο: https://www.chania.gr/files/2/35282/epiheirisiako_2014-2019.pdf
49. Σκουμπάκη Α. Ε., 2018, Φορείς Διαχείρισης Λιμένων Κρήτης, Διπλωματική Εργασία, Διατμηματικό Πρόγραμμα "Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
50. Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, 2008, Αποτελέσματα Εποπτικού Σταθμού Χανίων, Διαθέσιμο: <https://wfd.hcmr.gr/>
51. Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Μητρώο Ταυτοτήτων Υδάτων Κολύμβησης της Ελλάδας. Διαθέσιμο: <http://www.bathingwaterprofiles.gr/bathingprofiles/GRBW139323083>
52. Δρ. Βοργιάς Κ. Ε., Φωτομετρία. Διαθέσιμο: <https://eclass.uoa.gr/modules/document/file.php/BIOL199/Fotometria.pdf>
53. Εφημερίδα Της Κυβερνήσεως Της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος Δεύτερο Αρ. Φύλλου 356 – 26 Φεβρουαρίου 2009, ΦΕΚ 356/Β/26-2-2009: «Ποιότητα και μέτρα διαχείρισης των υδάτων κολύμβησης», σε συμμόρφωση προς την οδηγία 2006/7/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 15ης Φεβρουαρίου 2006. (Κοινή Υπουργική Απόφαση Η.Π 8600/416/Ε103/2009)
54. Σκούλλος Μ., 1997, Χημική Ωκεανογραφία, Μέρος Α. Αθανασόπουλος-Παπαδάμης & ΣΙΑ, Ε.Ε , Σελ.254
55. Σκληβανιώτης Μ., 2004, Ποιότητα Πόσιμου Νερού , ΔΕΥΑ Πάτρας,
56. Ακράτος Χ., Μποσκίδης Ι., Τσιχριντζής Β., «Χαρακτηρισμός Ποιότητας Απορροής Όμβριων Στην Πόλη Της Ξάνθης», Τμήμα, Μηχανικών Περιβάλλοντος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης. Διαθέσιμο: https://www.topo.auth.gr/greek/ORG_DOMI/EMERITUS/TOMOS_TZIMOPOULOS/papers/Akratos_Mposkidis_Tsichrintzis.pdf