

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ
ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**« Επίδραση ιχθυοτροφείου στα θρεπτικά άλατα της υδάτινης στήλης στην περιοχή
του Παγασητικού κόλπου »**

ΛΙΑΛΗ ΧΡΙΣΤΙΝΑ
ΤΖΕΜΑΛΗ ΣΑΛΗΧ

ΒΟΛΟΣ 2021

UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF AGRICULTURAL SCIENCES
DEPARTMENT OF ICHTHYOLOGY AND
AQUATIC ENVIRONMENT

THESIS

**« Effects of fish farming on water column nutrient concentration in the region of
Pagasitikos gulf »**

LIALI CHRISTINA
CEMALI SALIH

VOLOS 2021

**« Επίδραση ιχθυοτροφείου στα θρεπτικά άλατα της υδάτινης στήλης στην περιοχή
του Παγασητικού κόλπου »**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1. **Νικόλαος Νεοφύτου**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Υδατοκαλλιέργειες και Περιβάλλον, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, ***Επιβλέπων***
2. **Παναγιώτα Παναγιωτάκη**, Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, ***Μέλος***
3. **Δημήτριος Κλαουδάτος**, Επίκουρος Καθηγητής, Αλιεία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, ***Μέλος***

Στις οικογένειές μας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινείς ευχαριστίες μας σε όλους όσους έχουν συνεισφέρει στο να διεκπεραιωθεί η παρούσα πτυχιακή εργασία. Ιδιαίτερα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, Αναπληρωτή καθηγητή κ. Νικόλαο Νεοφύτου για την πολύτιμη βοήθεια και τη διαρκή του υποστήριξη τόσο κατά τη διάρκεια των αναλύσεων όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μας, αποτελούμενη από την κα. Παναγιώτα Παναγιωτάκη, Καθηγήτρια και τον κ. Δημήτριο Κλαουδάτο, Επίκουρο Καθηγητή για τις συμβουλές και την καθοδήγηση που μας παρείχαν κατά τη διεκπεραίωση της παρούσας έρευνας.

Επιπλέον, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την ιχθυοκαλλιεργητική μονάδα στην περιοχή της Μηλίνας, καθώς και το προσωπικό της, για τη φιλοξενία τους, την πραγματοποίηση των δειγματοληψιών όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθειά τους.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλουμε στον Μεταδιδάκτορα κ. Αλέξιο Λόλα, καθώς επίσης και στο μέλος ΕΔΙΠ του Τμήματος κα. Λαμπρινή Τζιάντζιου για την πολύτιμη βοήθεια και τις χρήσιμες συμβουλές που μας παρείχαν κατά την διεξαγωγή των δειγματοληψιών και την ανάλυση των δειγμάτων, αντίστοιχα.

Τέλος, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειές μας, για την αμέριστη υπομονή, συμπαράσταση και τη διαρκή τους στήριξη καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας και φυσικά την ακλόνητη εμπιστοσύνη τους σε εμάς.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία μονάδας εκτροφής τσιπούρας και λαβρακιού, η οποία είναι εγκατεστημένη στη θαλάσσια περιοχή του Παγασητικού κόλπου.

Οι δειγματοληψίες στην παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή της Μηλίνας του Παγασητικού κόλπου. Εκεί λειτουργεί η ιχθυοκαλλιεργητική μονάδα “Υδρόβιος Υδατοκαλλιέργεια Ε.Π.Ε.”. Συνολικά επιλέχθηκαν 3 σταθμοί δειγματοληψίας. Σε κάθε σταθμό μετρήθηκαν τα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο, pH, χλωροφύλλη α) και λήφθηκαν δείγματα νερού από διαφορετικά βάθη (επιφάνεια, 5 m και κάθε 10 m μέχρι τον πυθμένα) για τις αναλύσεις των θρεπτικών αλάτων (αμμωνιακά, νιτρώδη, νιτρικά, φωσφορικά και πυριτικά).

Τα αποτελέσματα της διατριβής αυτής έδειξαν ότι τα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά στα σημεία δειγματοληψίας παρουσίασαν την αναμενόμενη εποχική διακύμανση. Από το σύνολο των θρεπτικών αλάτων τα αμμωνιακά, τα νιτρώδη και τα πυριτικά παρουσίασαν αύξηση στις συγκεντρώσεις τους στους 2 σταθμούς που βρίσκονται εντός της εκτροφής (S1 και S2), ενώ τα φωσφορικά και τα νιτρικά εμφάνισαν παρόμοιες τιμές και στους 3 σταθμούς δειγματοληψίας.

Η στατιστική επεξεργασία των θρεπτικών αλάτων μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας (one-way ANOVA) έδειξε σημαντικές διαφορές για όλα τα θρεπτικά εκτός από τα φωσφορικά.

Συμπερασματικά, οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών δεν ξεπέρασαν τα επιτρεπτά όρια πέρα από τα οποία παρουσιάζεται το φαινόμενο του ευτροφισμού ή δημιουργείται

σοβαρή βλάβη στους εκτρεφόμενους οργανισμούς, ενώ οι επιπτώσεις της ιχθυοκαλλιέργειας στα θρεπτικά άλατα της υδάτινης στήλης φαίνεται να είναι χωρικά περιορισμένες.

Λέξεις κλειδιά: υδατοκαλλιέργεια, περιβαλλοντικές επιπτώσεις, θρεπτικά, ευτροφισμός, Παγασητικός κόλπος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΣΕΛΙΔΕΣ.....	i-iv
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1.1 Οι υδατοκαλλιέργειες σε Διεθνές Επίπεδο.....	4
1.2 Οι υδατοκαλλιέργειες στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....	6
1.2.1 Εξέλιξη της μεσογειακής ιχθυοκαλλιέργειας στην Ε.Ε.....	11
1.3 Η Μεσογειακή ιχθυοκαλλιέργεια.....	12
1.4 Οι υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα.....	15
1.5 Επιπτώσεις των ιχθυοκαλλιεργειών στο περιβάλλον.....	19
1.6 Περιγραφή της ευρύτερης περιοχής έρευνας.....	20
1.7 Σκοπός έρευνας.....	22
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	23
2.1 Γενικά.....	23
2.2 Δειγματοληπτικό πλέγμα σταθμών.....	24
2.3 Φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά.....	25
2.3.1 Υδάτινη στήλη.....	25
2.3.2 Θρεπτικά άλατα.....	26
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	31
3.1 Φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά.....	31
3.2 Θρεπτικά άλατα.....	40
3.3 Στατιστική επεξεργασία.....	41
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	48
4.1 Φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά.....	48
4.2 Θρεπτικά άλατα.....	53
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	58
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	60
6.1 Ελληνική.....	60
6.2 Ξενόγλωσση.....	60
ABSTRACT.....	64

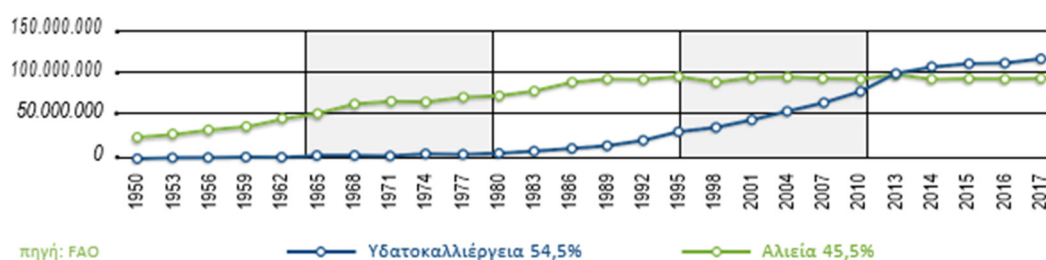
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Οι υδατοκαλλιέργειες σε Διεθνές Επίπεδο

Η εξασφάλιση της επάρκειας τροφίμων σε ένα πληθυσμό που θα ξεπερνά τα 9 δις. μέχρι τα μέσα του 21^{ου} αιώνα παραμένει σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Τροφίμων (FAO) μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις. Η πρόκληση αυτή γίνεται ακόμα πιο σύνθετη αν λάβουμε υπόψη τις επιπτώσεις από την κλιματική αλλαγή αλλά και τον κίνδυνο εξάντλησης των φυσικών πόρων. Η υδατοκαλλιέργεια αποτελεί τη λύση στην αντιμετώπιση της πρόκλησης συμβάλλοντας τόσο στην εξασφάλιση της επάρκειας τροφίμων, όσο και στην οικονομική ευημερία μεγάλων πληθυσμιακών ομάδων, ιδίως σε αναπτυσσόμενες χώρες της Αφρικής και της Ασίας που καταγράφουν ακόμα διψήφιο ρυθμό ανάπτυξης. Είναι γεγονός πως το 54% των εξαγωγών αλιευμάτων παγκοσμίως (αξίας 152 δις δολαρίων) προήλθε από αναπτυσσόμενες χώρες. Ήδη η παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιέργειας υπερβαίνει τον όγκο των αλιευμάτων από την αλιεία, η οποία τα τελευταία δέκα χρόνια έχει σταθεροποιηθεί μεταξύ 90 – 93 εκ. τόνων (ΣΕΘ 2019).

Σύμφωνα με τον FAO, το 2017 η παραγωγή προϊόντων αλιείας και υδατοκαλλιέργειας παγκοσμίως ανήλθε σε 205,6 εκ. τόνους, εκ των οποίων το 54,5% προήλθε από την υδατοκαλλιέργεια (111,9 εκ. τόνοι) και το υπόλοιπο 45,5% από την αλιεία (93,633 εκ. τόνοι) (Σχ. 1.1). Από τους 205,6 εκ τόνους, εκτιμάται πως το 90% χρησιμοποιήθηκε για ανθρώπινη κατανάλωση ενώ το υπόλοιπο 10% χρησιμοποιήθηκε κυρίως σε ιχθυάλευρα και ιχθυέλαια (ΣΕΘ 2019).

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων έχει καταγραφεί ανά τον κόσμο μέχρι σήμερα τουλάχιστον η εκτροφή 580 διαφορετικών



Σχήμα 1.1: Εξέλιξη παραγωγής αλιείας και υδατοκαλλιέργειας 1950-2017 (ΣΕΘ 2019).

ειδών με διαφορετικά συστήματα και τεχνολογίες εκτροφής στη θάλασσα ή σε εσωτερικά ύδατα. Τα 360 εξ' αυτών είναι είδη ψαριών. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ταχύτατη τεχνολογική ανάπτυξη που έχει επιτευχθεί στον τομέα τις τελευταίες δεκαετίες. Ωστόσο, στο πλαίσιο αυτών των εξελίξεων, ο κλάδος καλείται να αντιμετωπίσει σημαντικές προκλήσεις όπως, η παρασκευή ιχθυοτροφών από αειφόρες πρώτες ύλες, η διαχείριση των υδάτινων οικοσυστημάτων, η ευζωία των εκτρεφόμενων οργανισμών και η ανάπτυξη τεχνολογιών παραγωγής (ΣΕΘ 2019).

Όσον αφορά στο γενικό εμπόριο, τα προϊόντα αλιείας και υδατοκαλλιέργειας είναι μερικά από τα πιο εμπορεύσιμα είδη διατροφής στον κόσμο σήμερα. Σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία του FAO, το 2017 το εμπόριο αλιευμάτων αυξήθηκε κατά 7% σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Εκτιμάται πως το 35% της παγκόσμιας παραγωγής ψαριών (60 εκ. τόνοι) εισήλθε στο διεθνές εμπόριο με διάφορες μορφές για κατανάλωση από τον άνθρωπο ή για μη βρώσιμους σκοπούς. Τα τελευταία 40 χρόνια ο ρυθμός αύξησης των εξαγωγών από αναπτυσσόμενες χώρες ήταν σημαντικά ταχύτερος από εκείνον των εξαγωγών από ανεπτυγμένες χώρες. Σε αυτό συνέβαλε αφενός η ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας (κυρίως στην Ασία) και αφετέρου οι περιφερειακές εμπορικές συμφωνίες από το 1990 (ΣΕΘ 2019).

Η Κίνα παραμένει ο μεγαλύτερος παραγωγός ψαριών και από το 2002 είναι και ο μεγαλύτερος εξαγωγέας ψαριών και αλιευτικών προϊόντων. Μετά την Κίνα, οι σημαντικότεροι εξαγωγείς το 2017 ήταν η Νορβηγία, το Βιετνάμ και η Ταϊλάνδη. Η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.) αντιπροσώπευε τη μεγαλύτερη ενιαία αγορά για τα ψάρια και τα προϊόντα αλιείας, ακολουθούμενη από τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής και την Ιαπωνία (ΣΕΘ 2019).

1.2 Οι υδατοκαλλιέργειες στην Ευρωπαϊκή Ένωση

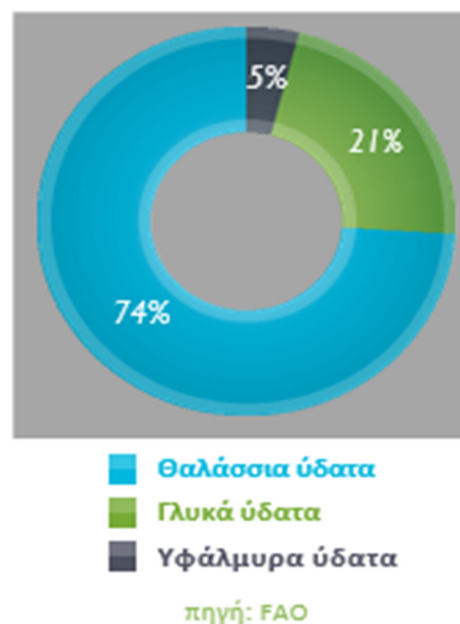
Σύμφωνα με τα στοιχεία του FAO, στην Ευρωπαϊκή Ένωση τα σημαντικότερα εκτρεφόμενα είδη ως προς τον όγκο και την αξία τους είναι τα ψάρια ακολουθούμενα από τα μύδια, ενώ τα υπόλοιπα είδη (φύκια, ασπόνδυλα, κλπ), αποτελούν ένα πάρα πολύ μικρό ποσοστό της παραγωγής (ΣΕΘ 2019).

Συγκεκριμένα, ο όγκος παραγωγής ψαριών ιχθυοκαλλιέργειας το 2017 ανήλθε σε 731.590 τόνους αξίας 3,25 δισ. ευρώ, αντιπροσωπεύοντας αντίστοιχα το 54% ως προς τον όγκο και το 78,5% ως προς την αξία της συνολικής παραγωγής υδατοκαλλιέργειας στην Ε.Ε., αντίστοιχα. Σε σχέση με το προηγούμενο έτος η παραγωγή ψαριών υδατοκαλλιέργειας παρουσιάζει αύξηση 6,2% ως προς τον όγκο και 13,5% ως προς την αξία (ΣΕΘ 2019).

Ο όγκος παραγωγής οστράκων ανήλθε σε 621.004 τόνους αξίας 891,8 εκ. ευρώ, αντιπροσωπεύοντας το 45,9% και το 21,5% ως προς τον όγκο και την αξία της συνολικής παραγωγής υδατοκαλλιέργειας στην Ε.Ε. αντίστοιχα. Σε σχέση με το προηγούμενο έτος η παραγωγή μαλακίων υδατοκαλλιέργειας είναι αυξημένη κατά 3,25% ως προς τον όγκο και κατά 3,7% ως προς την αξία (ΣΕΘ 2019).

Την ίδια περίοδο παρήχθησαν σε πολύ μικρότερη ποσότητα στην Ε.Ε. και 245 τόνοι υδρόβιων φυτών (κυρίως φύκια) αξίας 2,97 εκ. ευρώ. Σε σχέση με το 2016, η παραγωγή υδρόβιων φυτών μειώθηκε κατά 67,6% και η αξία τους αυξήθηκε κατά 72%, απουσία των στοιχείων της Γαλλίας η παραγωγή της οποίας δεν έχει καταχωρηθεί στον FAO για το 2017. Συνολικά αυτή η κατηγορία αντιπροσωπεύει το 0,02% του όγκου και το 0,07 % της αξίας της συνολικής παραγωγής υδατοκαλλιέργειας στην Ε.Ε., με την Ελλάδα πλέον να παράγει το 62% των υδρόβιων φυτών (ΣΕΘ 2019).

Λαμβάνοντας υπόψη τις βασικές κατηγορίες εκτροφής στην Ε.Ε., γίνεται αντιληπτό πώς το μεγαλύτερο μέρος αυτής της δραστηριότητας πραγματοποιείται σε εκμεταλλεύσεις στη θάλασσα. Συγκεκριμένα, το 74% της παραγωγής πραγματοποιείται στη θάλασσα και το υπόλοιπο 26% σε υφάλμυρα και γλυκά νερά (Σχ. 1.2) Γενικότερα η παραγωγή μαλακίων από το 2000 παρουσιάζει μια πτωτική πορεία στην Ε.Ε., ενώ η εκτροφή ψαριών από το 1980 έως το 2000 παρουσίασε σημαντική αύξηση και από τότε παρουσιάζει οριακές διακυμάνσεις (ΣΕΘ 2019).



Σχήμα 1.2: Παραγωγή υδατοκαλλιέργειας ανά περιβάλλον εκτροφής το 2017 (ΣΕΘ 2019).

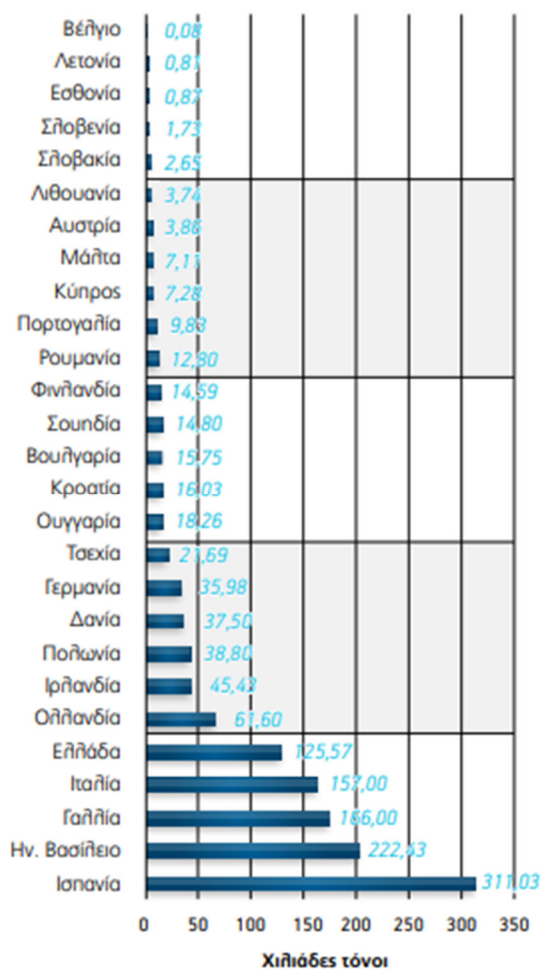
Ως προς τον όγκο παραγωγής τους, τα κυριότερα είδη στην Ε.Ε. είναι το μύδι με 258.363 τόνους, ο σολομός Ατλαντικού με 209.180 τόνους και η ιριδίζουσα πέστροφα με 185.316 τόνους. Η τσιπούρα και το λαβράκι κατατάσσονται στην 6η και 7η θέση με 95.390 και 79.350 τόνους αντίστοιχα (ΣΕΘ 2019). (Σχ. 1.3)

Είδος	Επιστημονική ονομασία	Τόνοι	% ετήσιας αύξησης
Μύδια	<i>Mytilidae</i>	258.363,45	16,95
Σολομός Ατλαντικού	<i>Salmo salar</i>	209.180,39	15,55
Ιριδίζουσα πέστροφα	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	185.316,15	-0,05
Μηπέ μύδι	<i>Mytilus edulis</i>	137.372,00	-9,43
Μεσογειακό μύδι	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	98.108,55	-4,42
Τσιπούρα	<i>Sparus aurata</i>	95.389,76	14,18
Λαβράκι	<i>Dicentrarchus labrax</i>	79.349,80	-2,97
Στρείδι Ειρηνικού	<i>Crassostrea gigas</i>	77.946,84	3,26
Κοινός Κυπρίνος	<i>Cyprinus carpio</i>	73.911,05	1,52
Κυδώνι Ιαπωνίας	<i>Ruditapes philippinarum</i>	35.113,49	-0,91
Σύνολο 10 πρώτων ειδών		1.250.051,48	4,98
Λοιπά είδη		103.149,97	2,45
Σύνολο στην Ε.Ε. (28)		1.353.201,45	4,79

πηγή: FAO

Σχήμα 1.3: Κύρια είδη παραγωγής υδατοκαλλιέργειας στην Ε.Ε. σε όγκο το 2017 (ΣΕΘ 2019).

Ως προς τον όγκο παραγωγής υδατοκαλλιέργειας, στις τρεις πρώτες χώρες βρίσκονται η Ισπανία με 311.031 τόνους, το Ην. Βασίλειο με 222.433 τόνους και η Γαλλία με 166.000 τόνους. Η Ελλάδα βρίσκεται στην 5η θέση με 125.573,7 τόνους συνολικής παραγωγής υδατοκαλλιέργειας, παρουσιάζοντας αύξηση 1,5% σε σχέση με το προηγούμενο έτος (ΣΕΘ 2019). (Σχ. 1.4)



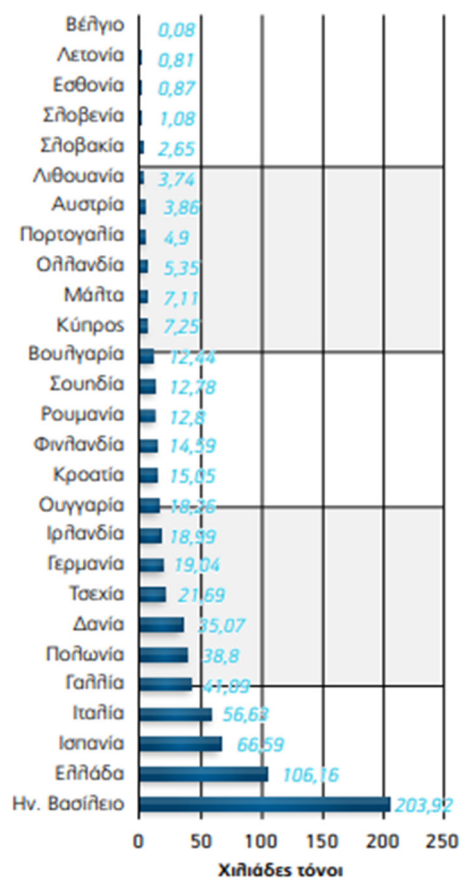
Σχήμα 1.4: Παραγωγή υδατοκαλλιέργειας στην Ε.Ε. το 2017 (όγκος) ανάλογα με την χώρα (ΣΕΘ 2019).

Τα κυριότερα είδη των εκτρεφόμενων ψαριών που παρήχθησαν στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2017 ήταν ο σολομός Ατλαντικού, όπου με 209.180 τόνους παραγωγής παρουσιάζει αύξηση 15,5% της παραγωγής και αντιπροσωπεύει το 28,6% των ψαριών που εκτρέφονται στην Ε.Ε.. Ακολουθεί η ιριδίζουσα πέστροφα, όπου με 185.316 τόνους παραγωγή παρουσιάζει οριακή μείωση 0,05% σε σχέση με το προηγούμενο έτος και αντιπροσωπεύει σχεδόν το 25,3% των ψαριών που εκτρέφονται στην Ε.Ε (ΣΕΘ 2019).

Τρίτη στην κατάταξη είναι η τσιπούρα, όπου με 95.389 τόνους παραγωγή παρουσιάζει αύξηση 14,18% και αντιπροσωπεύει το 13,04% της παραγωγής ψαριών

υδατοκαλλιέργειας. Από όλα τα εκτρεφόμενα ψάρια ο κινεζικός κυπρίνος παρουσιάζει τη μεγαλύτερη αύξηση της παραγωγής του με πάνω από 27% ακολουθούμενος από το σολομό, την τσιπούρα και το καλκάνι, ενώ το λαβράκι παρουσιάζει μείωση 2,97% ως προς τον όγκο παραγωγής (ΣΕΘ 2019).

Στην 1η θέση παραγωγής ψαριών στην Ε.Ε.. βρίσκεται το Ηνωμένο Βασίλειο, όπου με 203.921 τόνους αξίας 1.132,48 εκ. ευρώ αντιπροσωπεύει το 27,9% του όγκου και το 34,8% της αξίας της ευρωπαϊκής παραγωγής ψαριών. Ακολουθεί η Ελλάδα, όπου με 106.164 τόνους ψαριών αξίας 483,14 εκ. ευρώ αντιπροσωπεύει το 14,5% του όγκου και το 14,8% της αξίας της ευρωπαϊκής παραγωγής ψαριών. Τρίτη κατατάσσεται η Ισπανία, όπου με 66.590 τόνους αξίας 331,7 εκ. ευρώ αντιπροσωπεύει το 9,1% του όγκου και το 10,2% της αξίας της ευρωπαϊκής παραγωγής ψαριών (ΣΕΘ 2019) (Σχ. 1.5).

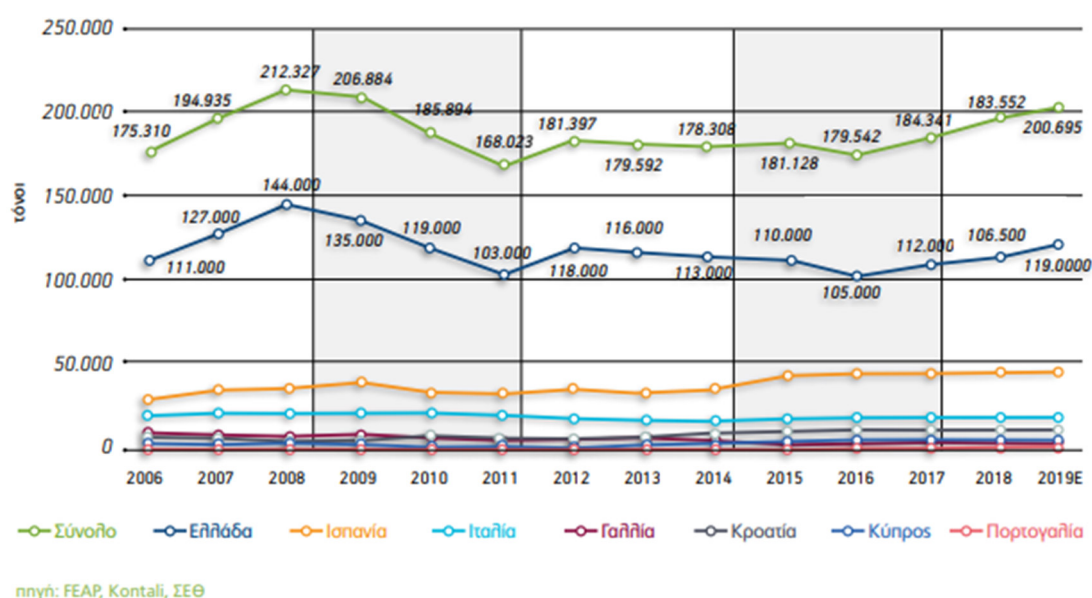


Σχήμα 1.5: Παραγωγή ιχθυοκαλλιέργειας στην Ε.Ε. το 2017 (όγκος) (ΣΕΘ 2019).

1.2.1 Εξέλιξη της μεσογειακής ιχθυοκαλλιέργειας στην Ε.Ε.

Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία, η τσιπούρα και το λαβράκι αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 24% του όγκου και το 44% της αξίας παραγωγής ψαριών υδατοκαλλιέργειας της Ε.Ε.. Παράγονται κυρίως από 7 μεσογειακές χώρες (Ελλάδα, Ισπανία, Ιταλία, Γαλλία, Κροατία, Πορτογαλία, Κύπρος) (ΣΕΘ 2019).

Πιο συγκεκριμένα, το 2018 διατέθηκαν συνολικά 183.552 τόνοι σημειώνοντας αύξηση 9,7% σε σχέση με το 2017. Μακράν η μεγαλύτερη χώρα παραγωγός παραμένει η Ελλάδα αφού με 106.500 τόνους πωλήσεων αντιπροσωπεύει το 58,02% και ακολουθούν στη 2η θέση η Ισπανία με 37.390 τόνους (20,37%) και στην 3η θέση η Ιταλία με 17.000 τόνους (9,26%). Οι υπόλοιπες 4 χώρες μαζί αντιπροσωπεύουν το 12,35% της συνολικής παραγωγής (ΣΕΘ 2019) (Σχ. 1.6).



Σχήμα 1.6: Παραγωγή τσιπούρας και λαβρακιού στην Ε.Ε. 2006-2018 (ΣΕΘ 2019).

Το 2018 παρήχθησαν συνολικά 98.609 τόνοι τσιπούρας, παρουσιάζοντας αύξηση 13,3% σε σχέση με το 2017 (87.022 τόνοι). Η παραγωγή αυξήθηκε σε Ελλάδα, Ισπανία, Ιταλία και Κροατία, αντισταθμίζοντας τη στασιμότητα ή τη μείωση που παρατηρήθηκε στις υπόλοιπες χώρες (ΣΕΘ 2019).

Εκτιμάται ότι το 2018 παρήχθησαν συνολικά 84.943 τόνοι λαβρακιού, δηλαδή 5,75% λιγότεροι σε σχέση με το 2017 (80.319 τόνοι). Η Ελλάδα αποτελεί τη μεγαλύτερη παραγωγό χώρα αφού αντιπροσωπεύει το 53,57% της παραγωγής (45.500 τόνοι), ενώ ακολουθούν η Ισπανία με 26,44% (26.740 τόνοι), η Κροατία με 6,7% (5.750 τόνοι) και η Ιταλία με 8,59% (7.300 τόνοι). Το υπόλοιπο 4,63% παράγεται από τις Γαλλία, Κύπρο και Πορτογαλία (ΣΕΘ 2019).

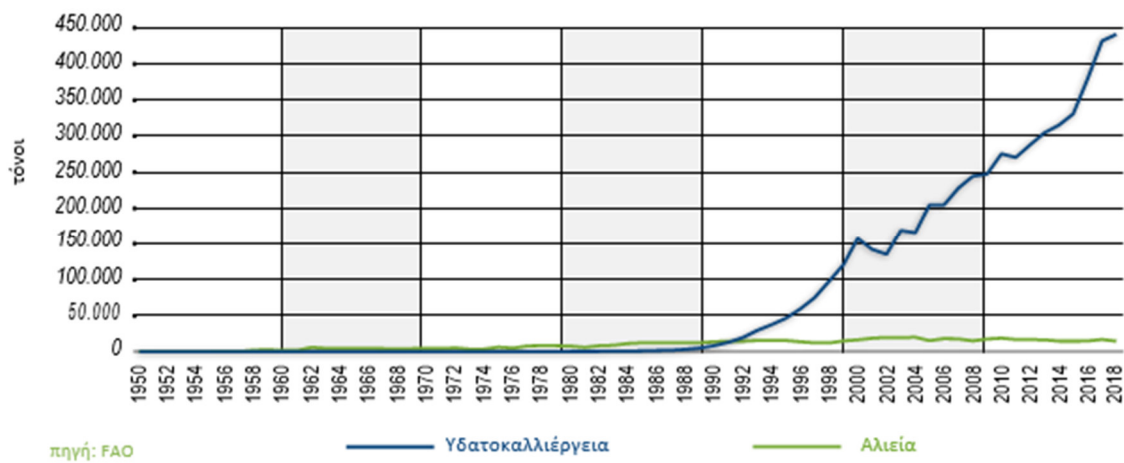
1.3 Η Μεσογειακή ιχθυοκαλλιέργεια

Το 2018 η συνολική προσφορά (αλιεία και υδατοκαλλιέργεια) των δυο ειδών (τσιπούρας και λαβρακιού) εκτιμάται σε 457.799 τόνους εκ των οποίων οι 442.919 (96,7%) προέρχονται από την υδατοκαλλιέργεια και οι 14.880 περίπου (3,3%) από την ελεύθερη αλιεία (Σχ. 1.7). Το ποσοστό αυτό παραμένει τα τελευταία χρόνια σχεδόν σταθερό (ΣΕΘ 2019).

Η εκτροφή τσιπούρας και λαβρακιού καταγράφηκε το 2018 σε 20 χώρες, κυρίως από την ευρύτερη περιφέρεια της Μεσογείου και της Μέσης Ανατολής, με την παραγωγή τους να κυμαίνεται από λίγα κιλά μέχρι 160.000 τόνους (ΣΕΘ 2019) (Σχ. 1.8).

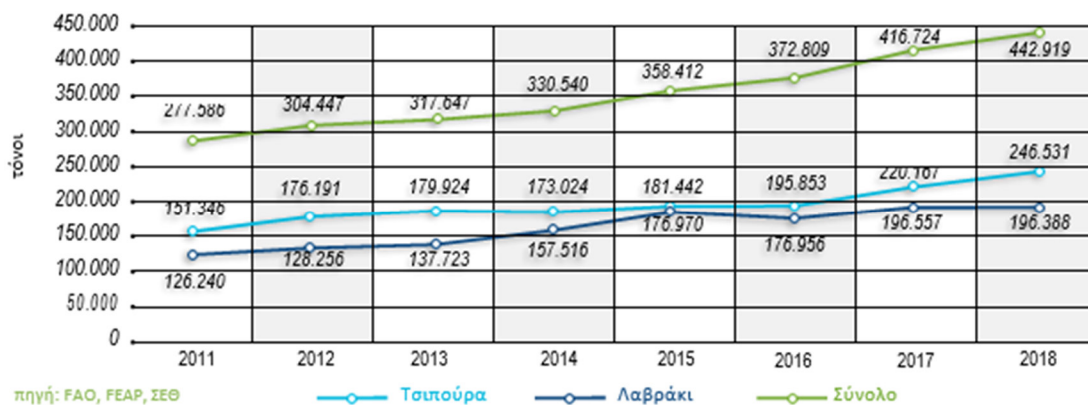


Σχήμα 1.7: Διάθεση τσιπούρας και λαβρακιού αλιείας και υδατοκαλλιέργειας το 2018 (ΣΕΘ 2019).



Σχήμα 1.8: Παραγωγή τσιπούρας και λαβρακιού υδατοκαλλιέργειας και αλιείας 1950-2018 (ΣΕΘ 2019).

Αναλυτικότερα, το 2018 παράχθηκαν 442.919 τόνοι τσιπούρας και λαβρακιού υδατοκαλλιέργειας σημειώνοντας συνολική αύξηση 6,29% σε σχέση με το 2017 (416.724 τόνοι) (Σχ. 1.9). Εξ' αυτών, το 55,6% της παραγωγής είναι τσιπούρα και το 44,4% λαβράκι. Η σημαντικότερη συνολική αύξηση καταγράφηκε στην Ιταλία (16,44%). Ακολουθεί η Κύπρος, η Ελλάδα, και η Κροατία. Οι μεταβολές που παρατηρούνται στις υπόλοιπες μεσογειακές χώρες είναι σχετικά μικρές με εξαίρεση τη Γαλλία όπου σημειώθηκε μείωση 12,8% (ΣΕΘ 2019).



Σχήμα 1.9: Παραγωγή τσιπούρας και λαβρακιού 2010-2018 (ΣΕΘ 2019).

Το 83,6% της παραγωγής προήλθε από 5 χώρες, την Τουρκία (158.000 τόνοι), την Ελλάδα (106.500 τόνοι), την Ισπανία (37.390 τόνοι), την Ιταλία (16.300 τόνοι) και την Κροατία (11.850). Το υπόλοιπο 16,4% προέρχεται από χώρες της ευρύτερης περιοχής της Μεσογείου και της Μ. Ανατολής με παραγωγή κυρίως κάτω των 14.000 τόνων ετησίως. Οι δύο κύριοι παραγωγοί παραμένουν η Ελλάδα και η Τουρκία όπου και οι δύο μαζί αντιπροσωπεύουν το 59,7% της παραγωγής παγκοσμίως. Αξίζει να σημειωθεί πως η Τουρκία την τελευταία δεκαετία έχει παρουσιάσει αλματώδη αύξηση αφού μέσα σε δέκα χρόνια σχεδόν τριπλασίασε την παραγωγή της ξεπερνώντας τους

100.000 τόνους και αντιπροσωπεύοντας πλέον το 35,7% του συνολικού όγκου παραγωγής των δύο ειδών. (ΣΕΘ 2019).

1.4 Οι υδατοκαλλιέργειες στην Ελλάδα

Η υδατοκαλλιέργεια και κυρίως η ιχθυοκαλλιέργεια αποτελούν έναν από τους πιο σημαντικούς κλάδους του πρωτογενούς τομέα ζωικής παραγωγής που έχει μεγάλο ενδιαφέρον λόγω της συμβολής της στην οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική συνοχή της χώρας. Ενδεικτικά αναφέρεται πως το 1980 μόλις το 2% της εγχώριας προσφοράς αλιευτικών προϊόντων προερχόταν από την υδατοκαλλιέργεια (2.000 τόνοι) και το υπόλοιπο 98% από την συλλεκτική αλιεία (105.651 τόνοι). Η αναλογία αυτή άρχισε να μεταβάλλεται και σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία του FAO για το 2017, εκτιμάται πως το 62% της εγχώριας παραγωγής αλιευτικών προϊόντων προήλθε από την υδατοκαλλιέργεια και το υπόλοιπο 38% από τη συλλεκτική αλιεία (ΣΕΘ 2019).

Αναλυτικότερα, στις ελληνικές θάλασσες εκτρέφονται μεσογειακά είδη κυρίως τσιπούρα και λαβράκι και σε ένα μικρότερο ποσοστό «νέα είδη» όπως μυτάκι, φαγκρί, κρανιός, συναγρίδα κ.ά. Η θαλάσσια ιχθυοκαλλιέργεια γνώρισε ραγδαία ανάπτυξη τη δεκαετία του 80' με τη χρήση πλωτών ιχθυοκλωβών, μιας μεθόδου που χρησιμοποιούταν ευρέως στη Νορβηγία για την εκτροφή σολομού. Ενδεικτικό της κατάστασης είναι ότι ενώ το 1985 υπήρχαν μόλις 12 μονάδες με συνολική παραγωγή περίπου 100 τόνους, σήμερα υπάρχουν πάνω από 300 μονάδες με παραγωγή που ξεπερνά τους 100.000 τόνους (ΣΕΘ 2019).

Η 2η πιο σημαντική κατηγορία εκτροφής είναι η οστρακοκαλλιέργεια, όπου στην Ελλάδα εκτρέφεται σχεδόν αποκλειστικά το Μεσογειακό μύδι (*Mytilus*

galloprovincialis). Η δραστηριότητα αυτή πραγματοποιείται κυρίως σε περιοχές της Βόρειας Ελλάδας. Η πρώτη παραχώρηση χώρου για εκτροφή μυδιών καταγράφηκε το 1955 και αφορούσε μια πασσαλωτή μονάδα στα ΒΑ του Θερμαϊκού κόλπου (ΣΕΘ 2019).

Στα εσωτερικά νερά σήμερα δραστηριοποιούνται 85 μονάδες εντατικής εκτροφής ιχθύων, με κυριότερο είδος την ιριδίζουσα πέστροφα, ενώ σε μικρότερη κλίμακα εκτρέφονται ο κυπρίνος και το ευρωπαϊκό χέλι. Στις ελληνικές λιμνοθάλασσες ασκείται η παραδοσιακή εκτατική υδατοκαλλιέργεια με ιδιαίτερες οικονομικές και κοινωνικές διαστάσεις. Σήμερα λειτουργούν 72 οργανωμένες εκμεταλλεύσεις λιμνοθαλασσών συνολικής έκτασης 400 χιλ. στρεμμάτων. Τα κυριότερα παραγόμενα είδη είναι η τσιπούρα, το λαβράκι, ο κέφαλος και το χέλι (ΣΕΘ 2019).

Τα τελευταία χρόνια, ο κλάδος έχει στραφεί και σε υδρόβια φυτά με πολύ έντονο ενδιαφέρον όπως το κυανοβακτήριο σπιρουλίνα, το μακροφύκος υλνα κ.ά., τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως συμπληρώματα διατροφής, πρώτη ύλη στη βιομηχανία καλλυντικών, βιοκαύσιμα κλπ. (ΣΕΘ 2019).

Η εκτροφή ψαριών σε θαλάσσια και εσωτερικά ύδατα, ανήλθε το 2017 συνολικά σε 125.122 τόνους αξίας 532,45 εκ. ευρώ (δεν περιλαμβάνονται οι εκμεταλλεύσεις σε λιμνοθάλασσες) (Πίν. 1.1). Αξίζει να σημειωθεί πως τα ψάρια που εκτρέφονται σε θαλάσσια ύδατα αντιπροσωπεύουν το 97% του όγκου των ψαριών ιχθυοκαλλιέργειας, ενώ μόλις το 2% προέρχεται από την ιχθυοκαλλιέργεια εσωτερικών υδάτων. Η παραγωγή οστρακοειδών, ανήλθε το 2017 στους 19.173 τόνους αξίας 7,14 εκ. ευρώ. Σε σχέση με το 2016 παρατηρείται σημαντική μείωση 17,6% ως προς τον όγκο και σχεδόν 15% ως προς την αξία παραγωγής (ΣΕΘ 2019).

Πίνακας 1.1: Παραγωγή υδατοκαλλιέργειας το 2017 (ΣΕΘ 2019).

	Αριθμ. Μονάδων	όγκος (τόνοι)	αξία (εκ. ευρώ)
A. ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΝΕΡΑ (ΕΚΤΡΟΦΕΣ ΣΕ ΧΕΡΣΑΙΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ)			
Πέστροφα	60	1.989	6,22 €
Κυπρίνος	7	7	0,02 €
Σοπιδός	2	2	0,02 €
Χέλια	4	184	2,08 €
Γαριδοκαλλιέργειες	1	0	0,00 €
Λοιπά είδη (κέφαλοι, τιλápια κλπ)	11	96	1,86 €
Σύνολο A	85	2.278	10,19 €
B. ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΝΕΡΑ (ΕΚΤΡΟΦΕΣ ΣΕ ΠΛΩΤΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ)			
Τσιπούρα & λαβράκι	318	100.415	515,12 €
Λοιπά μεσογειακά είδη		3.256	
Οστρακοκαλλιέργειες (κυρίως μύδια)	590	19.173	7,14 €
Σύνολο B	908	122.845	522,26 €
Σύνολο A+B	993	125.122	532,45 €
Γ. ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΕΣ (ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΚΥΡΙΩΣ ΑΠΟ ΑΛΙΕΥΤΙΚΟΥΣ ΣΥΛΛΟΓΟΥΣ)			
Ευρύαθα είδη (τσιπούρα, λαβράκι, κέφαλοι κλπ)	72	650	2,50 €
Σύνολο Γ	72	650	2,50 €
Δ. ΙΧΘΥΟΓΕΝΝΗΤΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΩΝ ΙΧΘΥΩΝ (Θ.Μ.Ι.)			
	Αριθμ. Σταθμών	Παραγ. εκ. Ιχθύδια	αξία (εκ. ευρώ)
Τσιπούρα & λαβράκι		408	
Λοιπά μεσογειακά είδη	29	15,52	89,61 €
Σύνολο Δ	29	423,52	89,61 €

πηγή: ΥΠΑΑΤ, ΣΕΘ

Σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία, ο συνολικός αριθμός των εκμεταλλεύσεων υδατοκαλλιέργειας το 2017 στην Ελλάδα ανέρχεται σε 1.065 εκ των οποίων το 85% βρίσκονται σε θαλάσσια ύδατα (908 μονάδες για παραγωγή ψαριών και μυδιών), το 8% είναι εκτροφές σε εσωτερικά ύδατα (χερσαίες εγκαταστάσεις) και το υπόλοιπο 7% εκτροφές σε υφάλμυρα νερά (λιμνοθάλασσες). Στην παραπάνω ανάλυση δεν συμπεριλαμβάνονται οι ιχθυογεννητικοί σταθμοί (συνολικά 29) που υποστηρίζουν τις μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας. Αναλυτικότερα και σύμφωνα με την κατηγορία εκτροφής υπάρχουν (ΣΕΘ 2019):

- 318 μονάδες θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας όπου εκτρέφονται κυρίως τσιπούρα και λαβράκι
- 590 μονάδες οστρακοκαλλιέργειας
- 85 μονάδες εσωτερικών υδάτων όπου εκτρέφονται πέστροφες, κυπρίνοι, χέλια κλπ.

- 72 εκμεταλλεύσεις σε υφάλμυρα νερά
- 29 ιχθυογεννητικοί σταθμοί μεσογειακών ιχθύων (τσιπούρας, λαβρακιού και λοιπών μεσογειακών ειδών)

Σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία, τα αλιεύματα παρέμειναν στην κορυφή των εξαγωγικών κλάδων του πρωτογενούς τομέα της χώρας, συμβάλλοντας θετικά στο εμπορικό ισοζύγιο και στην εθνική οικονομία. Συγκεκριμένα, κατατάσσονται στην 2η θέση ως προς την αξία και στην 10η θέση ως προς τον όγκο των συνολικών εξαγωγών αγροτικών προϊόντων της Ελλάδας (ΣΕΘ 2019).

Αναλυτικότερα και σύμφωνα με την κατηγοριοποίηση της ΕΛΣΤΑΤ και του ΥΠΑΑΤ για ψάρια και τα παρασκευάσματα αυτών (ΣΕΘ 2019):

- ο συνολικός όγκος εξαγωγών ανήλθε σε 145.304 τόνους αξίας 688,9 εκ. ευρώ. Εξ' αυτών, σχεδόν το 92% (του όγκου) ήταν αποστολές στην Ε.Ε. και το υπόλοιπο 8% εξαγωγές σε τρίτες χώρες.
- Ο συνολικός όγκος εισαγωγών ανήλθε σε 109.060 τόνους αξίας 520,5 εκ. ευρώ εκ των οποίων το 40% (του όγκου) προήλθε από χώρες της Ε.Ε. και το 60% από τρίτες χώρες.
- Η καθαρή συμμετοχή της κατηγορίας αυτής στο ΑΕΠ το 2018 ήταν 168,4 εκ. ευρώ.

Η Ελλάδα κατατάσσεται στις πλέον σημαντικές χώρες παραγωγής υδατοκαλλιέργειας στην Ε.Ε., καθώς καταλαμβάνει την 5η θέση ως προς τον συνολικό όγκο παραγωγής προϊόντων υδατοκαλλιέργειας και την 3η θέση ως προς την αξία τους. Λαμβάνοντας υπόψη πως το 85% της ελληνικής παραγωγής είναι ψάρια, στη συγκεκριμένη κατηγορία η Ελλάδα κατέχει τη 2η θέση ως προς τον όγκο και την αξία παραγωγής ιχθυοκαλλιέργειας. Η Αγγλία και η Ελλάδα είναι οι μόνες χώρες στην Ε.Ε.

που παράγουν πάνω από 100.000 τόνους ψαριών και μετά την αποχώρηση της πρώτης από την Ε.Ε., η Ελλάδα θα γίνει η πρώτη χώρα παραγωγής ιχθυοκαλλιέργειας στην Ευρώπη και με μεγάλη διαφορά από τη 2η χώρα (Ισπανία) (ΣΕΘ 2019).

1.5 Επιπτώσεις ιχθυοκαλλιεργειών στο περιβάλλον

Η εκτροφή ψαριών σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, δεδομένου ότι τα ψάρια αναπτύσσονται στο φυσικό τους περιβάλλον από το οποίο περιορίζονται μόνο με ένα δίχτυ. Παρόλα αυτά, η συγκεκριμένη δραστηριότητα όπως και οποιαδήποτε άλλη ανθρώπινη δραστηριότητα έχει και ορισμένες αρνητικές επιπτώσεις προς το περιβάλλον. Στις ιχθυοκαλλιέργειες οι αρνητικές αυτές επιπτώσεις προέρχονται κυρίως από τις απώλειες των ιχθυοτροφών και από τα προϊόντα μεταβολισμού των εκτρεφόμενων οργανισμών. Τα προϊόντα αυτά καθιζάνουν αναλλοίωτα στον θαλάσσιο πυθμένα (Neofitou et al. 2010). Το θετικό στοιχείο είναι ότι τα προϊόντα αυτά είναι βιολογικής προέλευσης και άρα φιλικά προς το θαλάσσιο περιβάλλον. Δεν παύει όμως κατά την αποικοδόμησή τους να χρειάζονται οξυγόνο που το δεσμεύουν από το υδάτινο περιβάλλον, προκαλώντας έτσι τη μείωση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου, ενώ ταυτόχρονα σε πολλές περιπτώσεις αυξάνουν υπέρμετρα τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων της θαλάσσιας περιοχής εγκατάστασής τους (Klaoudatos et al. 1996).

Μέχρι σήμερα όμως η εκτροφή ψαριών σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς δεν έχει αποδειχθεί ότι προκαλεί σοβαρές επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον (Klaoudatos et al. 1996, Klaoudatos et al. 2006). Πέρα από αυτό, οι όποιες επιπτώσεις είναι αναστρέψιμες και μπορεί να ελαχιστοποιηθούν στην περίπτωση που μετακινηθούν οι συστοιχίες των ιχθυοκλωβών και τοποθετηθούν σε παρακείμενη περιοχή εντός της

θαλάσσιας μισθωμένης έκτασης . Ειδικά σήμερα, που με τη συνεχή βελτίωση της τεχνολογίας κατασκευής τους έγινε δυνατή η τοποθέτησή τους σε υπεράκτιες περιοχές, όπου η παρουσία ισχυρών ρευμάτων προκαλεί μεγαλύτερη διασπορά των προϊόντων του μεταβολισμού των ψαριών και των υπολειμμάτων της τροφής τους, οι αρνητικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον μειώνονται σημαντικά. Σήμερα χρησιμοποιούνται κατασκευές ιχθυοκλωβών ανθεκτικές στη δράση κυμάτων, μακριά από την ακτογραμμή στην ανοιχτή θάλασσα, αλλά και αυτόνομοι ημιβυθιζόμενοι και βυθιζόμενοι ιχθυοκλωβοί που διαθέτουν την ικανότητα αυτόματης παροχής τροφής για μεγάλο χρονικό διάστημα, όσο διαρκούν οι δυσμενείς καιρικές συνθήκες (Κλαουδάτος και Κλαουδάτος 2010).

Συμπερασματικά, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε ότι οι ιχθυοκαλλιέργειες αποτελούν για την Ελλάδα τη βαριά βιομηχανία της στον πρωτογενή τομέα. Μπορούν να συντελέσουν σημαντικά στην αποκέντρωση και την ορθολογική εκμετάλλευση απομακρυσμένων περιοχών της χώρας. Χώρος και συνθήκες για περαιτέρω ανάπτυξη υπάρχουν, αρκεί οι όποιες μελλοντικές κινήσεις να γίνουν συντονισμένα και πάντα με σεβασμό προς το περιβάλλον και τον καταναλωτή .

1.6 Περιγραφή της ευρύτερης περιοχής έρευνας

Ο Παγασητικός κόλπος βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του Αιγαίου και περιβάλλεται από το Χαλκοδόνιο όρος (βόρεια), τα βουνά Γούρας (δυτικά), το όρος Όθρυς (νοτιοδυτικά) και τον εκτεταμένο όγκο του όρους Πήλιο (ανατολικά-νοτιοανατολικά) (Petihakis et al. 2005).

Αποτελεί έναν αβαθή ημίκλειστο κόλπο με μέσο βάθος 69 m και μέγιστο 108 m, επιφάνεια 520 km² και μέσο όγκο 36 km³. Οι μεγαλύτερες διαστάσεις του από βορρά προς νότο και ανατολή προς δύση είναι 16 και 17 km, αντίστοιχα. Η ακτογραμμή του παρουσιάζει πολλές εγκολπώσεις, οι μεγαλύτερες από τις οποίες σχηματίζουν τους όρμους του Βόλου και του Αλμυρού. Επικοινωνεί με το Αιγαίο Πέλαγος μέσω του διαύλου του Τρίκερι, που βρίσκεται βόρεια της Εύβοιας με άνοιγμα 5,5 km και βάθος 80 m. Στο δυτικό και βόρειο τμήμα του Παγασητικού εκβάλλουν μικρά ποτάμια και χείμαρροι, τα οποία εξομαλύνουν το ανάγλυφο της ξηράς. Γεωμορφολογικά, το μέγιστο βάθος παρατηρείται στο ανατολικό τμήμα του κόλπου, σε μια περιοχή σχήματος λεκάνης με έντονο ανάγλυφο. Στο δυτικό και βόρειο τμήμα ο πυθμένας παρουσιάζει ομαλή κλίση, ενώ στην ανατολική ακτή του το ανάγλυφο εμφανίζεται απότομο (Petihakis et al. 2002).

Ο πυθμένας αποτελείται από λεπτόκοκκα ιζήματα, τα οποία προέρχονται από μικρούς ποταμούς που εκβάλλουν στον κόλπο. Το μεγαλύτερο μέρος του πυθμένα είναι καλυμμένο με ιλύ εκτός από το Β.Δ. τμήμα (Περιοχή Αλμυρού) και το ανατολικό τμήμα της εισόδου του κόλπου (περιοχή Τρικεριού), τα οποία καλύπτονται με άμμο (Περισοράτης και συν. 1993).

Ο Παγασητικός συγκεντρώνει περιμετρικά του ένα σύνολο αστικών, βιομηχανικών, αγροτικών και τουριστικών δραστηριοτήτων. Αποτελεί τον αποδέκτη αστικών λυμάτων, καθώς και βιομηχανικών και γεωργικών αποβλήτων (ελαιοτριβεία, φυτοφάρμακα, λιπάσματα και ζωικά απόβλητα) από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην ευρύτερη περιοχή (Κολιού-Μήτσιου 1991). Στο βόρειο τμήμα του βρίσκεται το λιμάνι και η βιομηχανική πόλη του Βόλου με πληθυσμό περίπου 144.449 κατοίκους .

Μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων, πλούσιων σε φώσφορο, άζωτο και θείο, χρησιμοποιούνται κάθε χρόνο στις εκτάσεις περιμετρικά του κόλπου, κυρίως λόγω της εντατικής καλλιέργειας δημητριακών και βάμβακος. Ο προγραμματισμένος από το 1964 βιολογικός καθαρισμός λυμάτων, του οποίου η κατασκευή άρχισε το 1979, τέθηκε τελικά σε λειτουργία το 1987 και μέχρι το 1998 ολοκληρώθηκε η σύνδεση των δύο βιομηχανικών περιοχών. Σήμερα, όλα τα λύματα και τα βιομηχανικά απόβλητα της μείζονος περιοχής του Βόλου υφίστανται βιολογική επεξεργασία με συνέπεια την αφαίρεση των αζωτούχων και φωσφορικών ενώσεων πριν καταλήξουν στον κόλπο (Μήτσιος και συν. 2000).

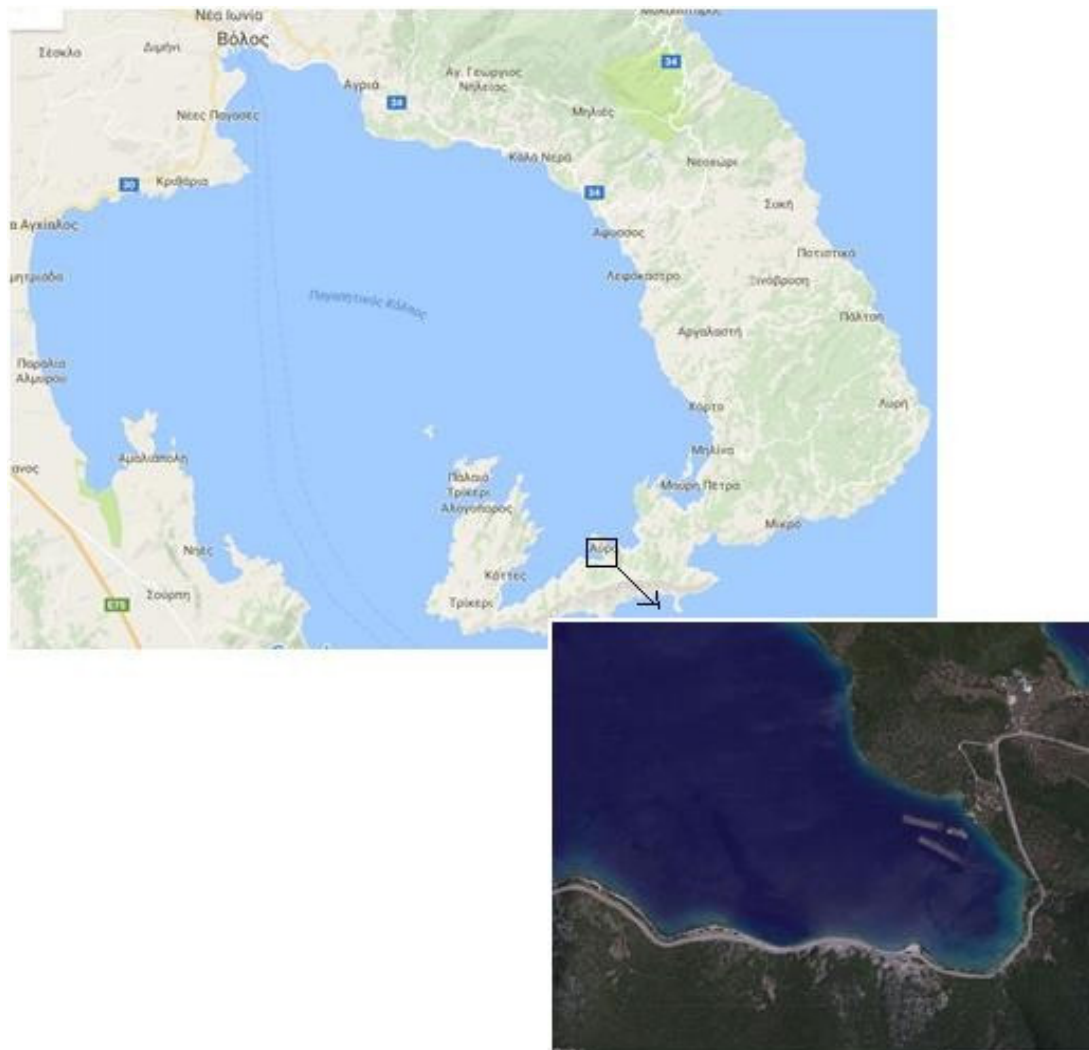
1.7 Σκοπός έρευνας

Η παρούσα εργασία είναι ερευνητική και σκοπός της είναι η μελέτη των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη λειτουργία μονάδας εκτροφής τσιπούρας και λαβρακιού, η οποία είναι εγκατεστημένη στη θαλάσσια περιοχή του Παγασητικού κόλπου. Ερευνήθηκαν οι επιπτώσεις στα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά, καθώς και στα θρεπτικά άλατα της υδάτινης στήλης και πραγματοποιήθηκε σύγκριση των αποτελεσμάτων με αυτά άλλων παρόμοιων ερευνών.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Γενικά

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις της ιχθυοκαλλιέργειας ΕΠΕ στην περιοχή Μηλίνα που βρίσκεται στις νοτιοανατολικές ακτές του Παγασητικού κόλπου (Εικ. 2.1). Στην περιοχή πραγματοποιήθηκε μια εποχιακή δειγματοληψία, τον Μάρτιο του 2019, έτσι ώστε να καταγραφεί η επίδραση της μονάδας αυτής στα θρεπτικά άλατα της υδάτινης στήλης κατά τη συγκεκριμένη εποχή.



Εικόνα 2.1: Χάρτης με τη θέση εγκατάστασης της μονάδας στον Παγασητικό Κόλπο και τις συστοιχίες των ιχθυοκλωβών.

Η συγκεκριμένη μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας λειτουργεί από το 1990, είναι δυναμικότητας 130 t και αποτελείται από 80 ιχθυοκλωβούς διαστάσεων από 5X5 m μέχρι 7,5X7,5 m. Το βάθος των διχτυών τους φθάνει τα 5 έως τα 7,5 m. Τα δίχτυα είναι κατασκευασμένα από νήματα χωρίς κόμβους με άνοιγμα ματιού από 5-17 mm, ανάλογα με το μέγεθος των ψαριών που εκτρέφονται και η τελική πυκνότητα της εκτροφής (ιχθυοφόρτιση) αναφέρεται ότι φθάνει τα 8 kg/m³. Κατά τη διάρκεια ενός πλήρους κύκλου εκτροφής γίνεται μία διαλογή όταν τα ιχθύδια φθάσουν περίπου στα 80-130 g. Τα κύρια είδη εκτροφής είναι η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*). Η εκτροφή περιλαμβάνει την πάχυνση των ιχθυδίων και των δύο ειδών από το μέσο βάρος του 1,5 g/άτομο μέχρι το μέσο εμπορεύσιμο βάρος των 350 g/άτομο. Τα ιχθύδια τα προμηθεύονται από ελληνικούς ιχθυογεννητικούς σταθμούς και για τη διατροφή τους χορηγούνται σύμπηκτα (pellets) διαφόρων διαμετρημάτων, ανάλογα με το μέγεθος των εκτρεφόμενων ψαριών. Η μετατρεψιμότητα της τροφής (FCR) είναι περίπου 1,7 kg τροφής ανά 1kg ψαριού.

2.2 Δειγματοληπτικό πλέγμα σταθμών

Η περιοχή εγκατάστασης της μονάδας είναι ένας ημίκλειστος κολπίσκος με βάθος κάτω από τις συστοιχίες των ιχθυοκλωβών 18-30 m. Στην περιοχή έρευνας υιοθετήθηκε ένα δειγματοληπτικό πλέγμα από 3 σταθμούς. Οι σταθμοί δειγματοληψίας επιλέχθηκαν σύμφωνα με την επίδρασή τους ή μη από τη λειτουργία της ιχθυομονάδας. Οι σταθμοί S1 και S2 θεωρούνται ως σταθμοί της μονάδας και πάρθηκαν στο κέντρο και στο τελείωμα της συστοιχίας των ιχθυοκλωβών, αντίστοιχα, ενώ ο S3 είναι ο σταθμός μάρτυρας σε απόσταση τουλάχιστον 300 m από τις εγκαταστάσεις της μονάδας, έτσι ώστε να μην επηρεάζεται από τη λειτουργία της (Neofitou & Klaoudatos 2008)(Εικ. 2.2).



Εικόνα 2.2: Χαρακτηριστική άποψη των σταθμών δειγματοληψίας στην περιοχή έρευνας.

Οι μετρήσεις των φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων του νερού, καθώς και τα δείγματα του νερού λήφθηκαν τη συγκεκριμένη εποχή που αναφέρθηκε (Μάρτιος 2019) και λίγες ώρες μετά το πρωινό τάισμα των εκτρεφόμενων ψαριών.

2.3 Φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά

2.3.1 Υδάτινη στήλη

Σε κάθε έναν από τους 3 σταθμούς δειγματοληψίας μετρήθηκαν σε όλη την υδάτινη στήλη η θερμοκρασία, η αλατότητα, το διαλυμένο οξυγόνο, το pH και η χλωροφύλλη *a* με τη βοήθεια συνεχής καταγραφέα CTD (SEABIRD-19plus)(Εικ. 2.3).



Εικόνα 2.3: Συνεχής καταγραφέας φυσικοχημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών του νερού (SEABIRD-19plus).

2.3.2 Θρεπτικά άλατα

Από κάθε σταθμό δειγματοληψίας και για κάθε βάθος πάρθηκαν δείγματα νερού με φιάλη Lymnos 1.4 l, από την επιφάνεια, τα 5 m και κάθε 10 m βάθους από την επιφάνεια μέχρι τον πυθμένα, ώστε να πραγματοποιηθούν οι αναλύσεις των θρεπτικών αλάτων (αμμωνιακά, νιτρώδη, νιτρικά, φωσφορικά και πυριτικά).

Τα δείγματα νερού τοποθετήθηκαν σε πλαστικά φιαλίδια (500 ml) στα οποία προστέθηκε χλωριούχος υδράργυρος (2 ml HgCl_2 σε 500 ml δείγματος) για τη συντήρησή τους. Τα δείγματα μεταφέρθηκαν άμεσα στο εργαστήριο όπου πραγματοποιήθηκε διήθηση με φίλτρα τύπου GF/F (47mm διάμετρο και 0.7 μm άνοιγμα οπών) και διατηρήθηκαν σε κατάψυξη (-20°C) μέχρι τη διενέργεια των αναλύσεων. Η ανάλυση έγινε με φασματοφωτόμετρο τύπου SHIMADZU, σύμφωνα με τις μεθόδους που περιγράφονται παρακάτω (Εικ. 2.4).

Αμμωνιακά: Για τον προσδιορισμό της ολικής αμμωνίας προστέθηκαν στο δείγμα νερού συγκεκριμένες ποσότητες αντιδραστηρίων φαινόλης, νιτροπρωσσικού νατρίου και οξειδωτικού διαλύματος. Στη συνέχεια το δείγμα τοποθετήθηκε σε σκοτεινό χώρο (ώστε να αποφευχθεί η έκθεσή του στην ηλιακή ακτινοβολία) σε θερμοκρασία δωματίου και μετά από μία ώρα μετρήθηκε η απορρόφηση στα 640 nm (Strickland & Parsons 1972).

Η ολική αμμωνία αποτελείται από την ιονισμένη (NH_4^+) και τη μη ιονισμένη (NH_3) μορφή. Το ποσοστό της μίας ή της άλλης μορφής εξαρτάται από το pH και τη θερμοκρασία του νερού τη στιγμή της δειγματοληψίας και υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\% \text{NH}_3 = 100 / [1 + \text{antilog} (\text{pKa} - \text{pH})]$$

Όπου pKa: σταθερά η οποία εξαρτάται από τη θερμοκρασία του νερού (Πίν. 2.1) (Strickland & Parsons 1972).



Εικόνα 2.4: Φασματοφωτόμετρο για τις αναλύσεις των θρεπτικών αλάτων του νερού (SHIMADZU UV-1800).

Πίνακας 2.1: Οι τιμές της σταθεράς pKa σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του νερού.

Θερμοκρασία °C	5	10	15	20	25	30
pKa	9,90	9,73	9,56	9,40	9,24	9,09

Στο τέλος υπολογίσθηκε το ποσοστό της ιονισμένης μορφής αμμωνίας ή των αμμωνιακών (NH_4^+) από τον παρακάτω τύπο και βρέθηκε η συγκέντρωσή τους.

$$\% \text{NH}_4^+ = 100 - \% \text{ιονισμένης NH}_3$$

Νιτρώδη: Τα νιτρώδη άλατα του δείγματος του θαλασσινού νερού αφήνονται να αντιδράσουν με σουλφανιλαμίδα σε όξινο περιβάλλον. Η προκύπτουσα διαζωένωση αντιδρά με N-(1-ναφθυλ)-αιθυλενοδιαμίνη και σχηματίζει ένα έντονο αζώχρωμα που μετράται φασματοφωτομετρικά σε μήκος κύματος 543 nm έναντι απεσταγμένου νερού. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιείται νιτρώδες νάτριο (NaNO_2) συγκέντρωσης 50 $\mu\text{g-at N } \ell^{-1}$ (Parsons et al. 1984).

Νιτρικά: Για τον προσδιορισμό των νιτρικών αλάτων προστέθηκε στο δείγμα νερού συγκεκριμένη ποσότητα υδροχλωρικού οξέος και στη συνέχεια μετρήθηκε η απορρόφηση στα 220 nm. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιήθηκε νιτρικό κάλιο (KNO_3) συγκέντρωσης 2 mg/ℓ $\text{NO}_3\text{-N}$ (APHA 1980).

Φωσφορικά: Για τον προσδιορισμό των φωσφορικών αλάτων, το δείγμα αφήνεται να αντιδράσει με ένα σύνθετο αντιδραστήριο που περιέχει μολυβδικό οξύ και τρισθενές αντιμμώνιο. Το προκύπτον σύμπλεγμα ανάγεται για να δώσει τελικά ένα βαθυγάλαζο διάλυμα που μετράται φασματοφωτομετρικά σε μήκος κύματος 885 nm. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιείται δισόξινο φωσφορικό κάλιο (KH_2PO_4) συγκέντρωσης 0,0816 g ℓ⁻¹ (Parsons et al. 1984).

Πυριτικά: Για τον προσδιορισμό των πυριτικών αλάτων, το θαλασσινό νερό αφήνεται να αντιδράσει με μολυβδικό διάλυμα κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, παράγοντας πυριτομολυβδικά, φωσφορομολυβδικά και αρσеноμολυβδικά σύμπλοκα. Στη συνέχεια προστίθεται ένα αναγωγικό διάλυμα, που περιέχειθειϊκή π-μεθυλαμινοφαινόλη και οξαλικό οξύ, που αντιδρά με το πυριτομολυβδικό σύμπλοκο για να δώσει ένα βαθυγάλαζο χρώμα, ενώ ταυτόχρονα αποσυνθέτει τα φωσφορομολυβδικά και πυριτομολυβδικά σύμπλοκα. Το τελικό διάλυμα φασματοφωτομετρείται σε μήκος κύματος 810 nm έναντι απεσταγμένου νερού. Ως πρότυπο διάλυμα χρησιμοποιείται διάλυμα πυριτοφθοριδίου (Na_2SiF_6) συγκέντρωσης 500 μg-at Si ℓ⁻¹ (Parsons et al. 1984).

Για τη στατιστική επεξεργασία των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων στα δείγματα του νερού μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας χρησιμοποιήθηκε η μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (one way analysis of variance – ANOVA), με τη χρήση του λογισμικού MINITAB. Η επιλογή της συγκεκριμένης στατιστικής

μεθόδου, στηρίχθηκε στο γεγονός ότι τα δεδομένα εμφάνισαν ομαλή κατανομή και ομοιογένεια στη διακύμανση. Προκειμένου να διαπιστωθεί σε ποιους σταθμούς δειγματοληψίας οφείλονται οι στατιστικά σημαντικές διαφορές χρησιμοποιήθηκε το τεστ Tukey. Τα διαγράμματα με τις κατακόρυφες κατανομές των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων, έγιναν με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος Excel.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

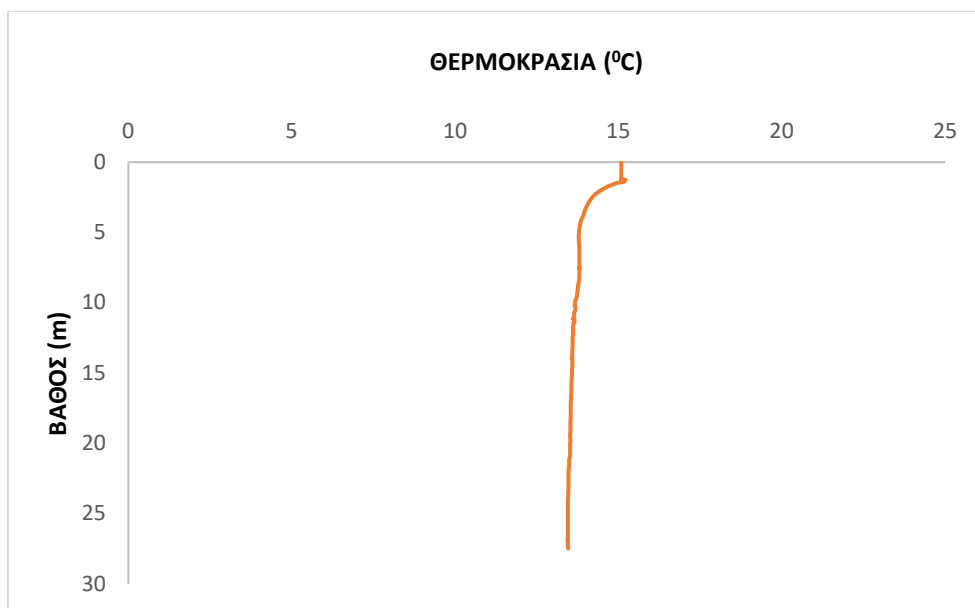
3.1 Φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά

Στον Πίνακα 3.1 δίνονται το εύρος, ο μέσος όρος και η τυπική απόκλιση των φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων (θερμοκρασία, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο, pH και χλωροφύλλη α) της στήλης του νερού για τους 3 σταθμούς δειγματοληψίας. Στα Σχήματα 3.1 – 3.15 φαίνονται οι κατανομές των φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων σε συνάρτηση με το βάθος στους 3 δειγματοληπτικούς σταθμούς.

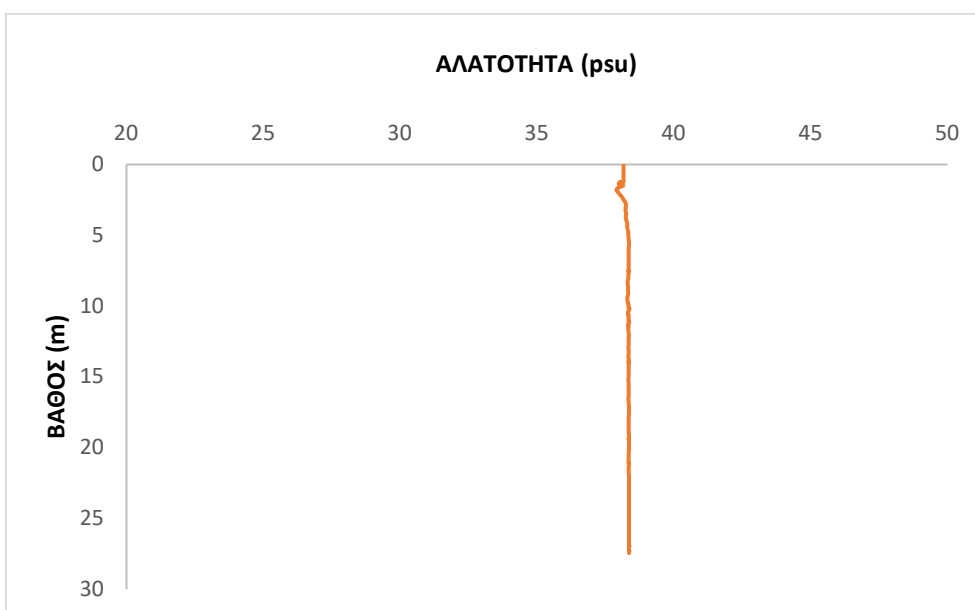
Θερμοκρασιακή στρωμάτωση στην υδάτινη στήλη δεν παρατηρήθηκε σε κανέναν από τους σταθμούς δειγματοληψίας. Η ελάχιστη τιμή θερμοκρασίας του νερού ($13,44\text{ }^{\circ}\text{C}$) καθώς επίσης και η μέγιστη ($15,21\text{ }^{\circ}\text{C}$) καταγράφηκαν στο σταθμό S1. Στον σταθμό S2 οι θερμοκρασία κυμάνθηκε από $13,45 - 14,76\text{ }^{\circ}\text{C}$ και στον S3 από $13,54 - 14,20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Στον σταθμό S1 οι τιμές της αλατότητας κυμάνθηκαν από 37,91 - 38,39 psu, στον σταθμό S2 από 38,20 - 38,66 psu και στον σταθμό S3 από 38,35 - 38,64 psu. Στον σταθμό S1 οι τιμές της διαλυμένου οξυγόνου κυμάνθηκαν από 3,93 – 6,32 ppm, στον σταθμό S2 από 4,35 - 6,34 ppm και στον σταθμό S3 5,00 - 6,23 ppm. Οι τιμές του pH στον σταθμό S1 κυμάνθηκαν από 7,90 - 7,94, στον σταθμό S2 από 8,00 - 8,03 και στον σταθμό S3 ήταν σταθερό στο 8,07. Τέλος, οι τιμές της χλωροφύλλης α στον σταθμό S1 κυμάνθηκαν από 0,63 - 2,06 mg/m^3 , στον σταθμό S2 από 0,48 - 1,32 mg/m^3 και στον σταθμό S3 από 0,43 – 0,66 mg/m^3 .

Πίνακας 3.1: Φυσικοχημικές και βιολογικοί παράμετροι του νερού στους 3 δειγματοληπτικούς σταθμούς (Μ.Ο = Μέσος Όρος και Τ.Α = Τυπική Απόκλιση).

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (οC)	S1	S2	S3
ΕΥΡΟΣ	13,44 - 15,21	13,45 - 14,76	13,54 - 14,20
Μ.Ο ± Τ.Α	13,78 ± 0,49	13,80 ± 0,40	13,75 ± 0,16
ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ (psu)			
ΕΥΡΟΣ	37,91 - 38,39	38,20 - 38,66	38,35 - 38,64
Μ.Ο ± Τ.Α	38,32 ± 0,09	38,39 ± 0,07	38,38 ± 0,05
ΔΙΑΛΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (ppm)			
ΕΥΡΟΣ	3,93 - 6,32	4,35 - 6,34	5,00 - 6,23
Μ.Ο ± Τ.Α	5,89 ± 0,78	5,71 ± 0,73	5,82 ± 0,39
ΡΗ			
ΕΥΡΟΣ	7,90 - 7,94	8,00 - 8,03	8,07 - 8,07
Μ.Ο ± Τ.Α	7,93 ± 0,01	8,02 ± 0,01	8,07 ± 0,00
ΧΛΩΡΟΦΥΛΛΗ Α (mg/m3)			
ΕΥΡΟΣ	0,63 - 2,06	0,48 - 1,32	0,43 - 0,66
Μ.Ο ± Τ.Α	1,07 ± 0,44	0,72 ± 0,27	0,52 ± 0,05



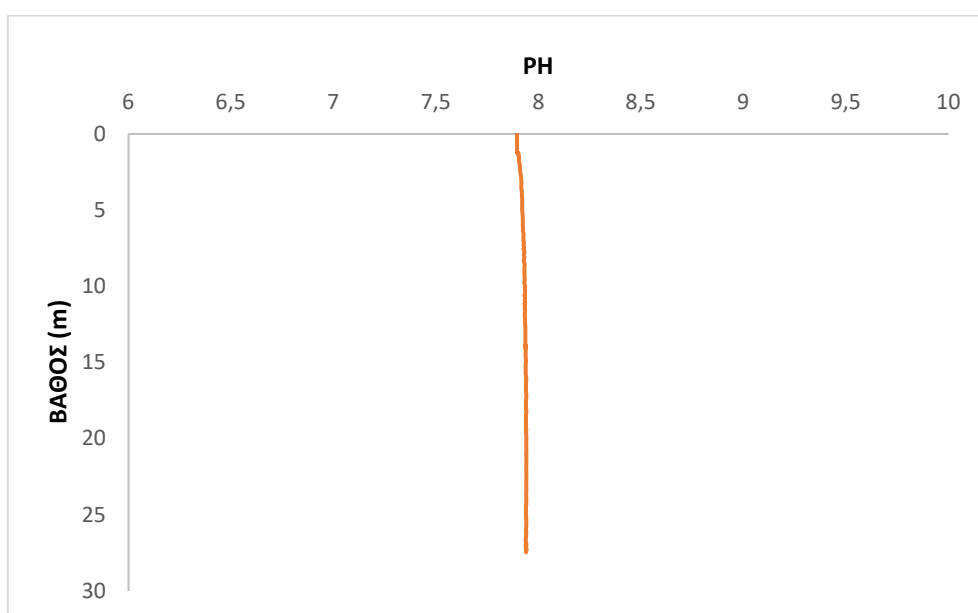
Σχήμα 3.1: Κατανομή θερμοκρασίας του νερού σε συνάρτηση με το βάθος στον σταθμό S1.



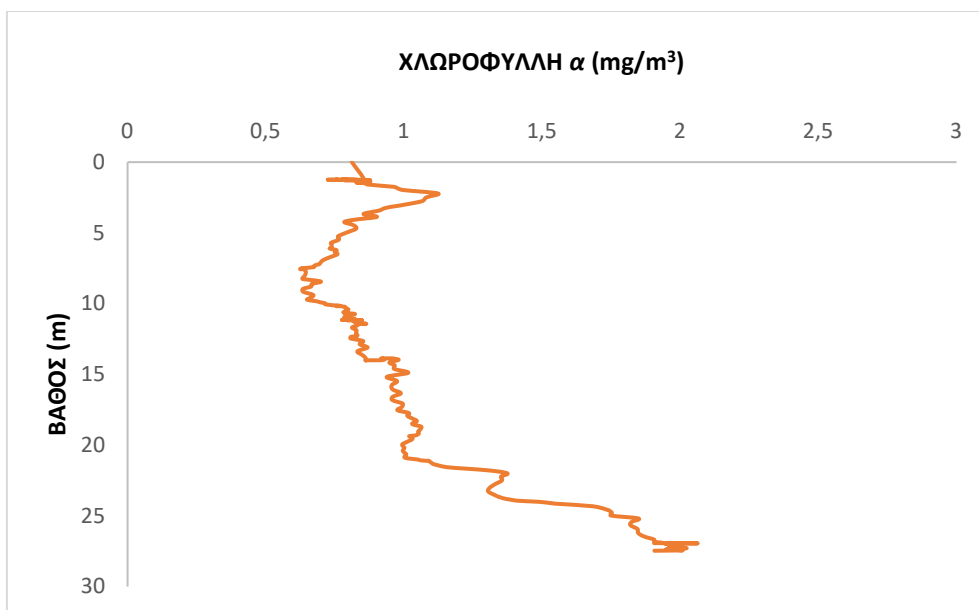
Σχήμα 3.2: Κατανομή αλατότητας του νερού σε συνάρτηση με το βάθος στον σταθμό S1.



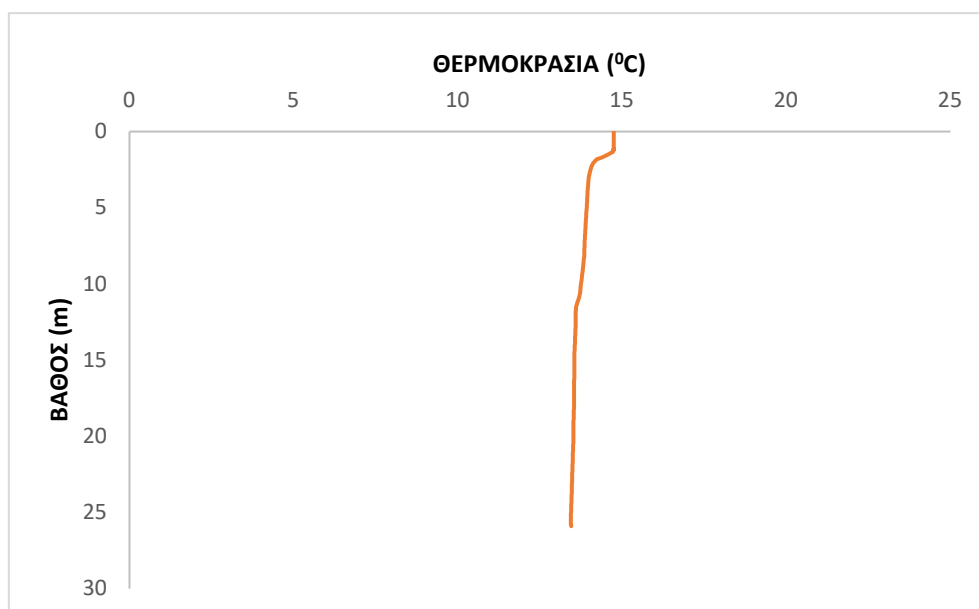
Σχήμα 3.3: Κατανομή διαλυμένου οξυγόνου του νερού σε συνάρτηση με το βάθος στον σταθμό S1.



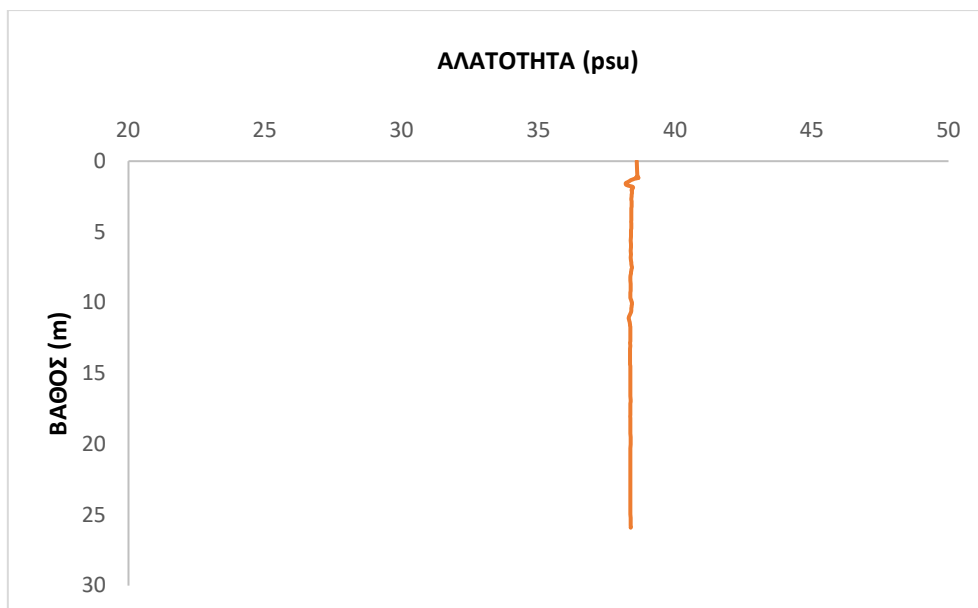
Σχήμα 3.4: Κατανομή του pH του νερού σε συνάρτηση με το βάθος στον σταθμό S1.



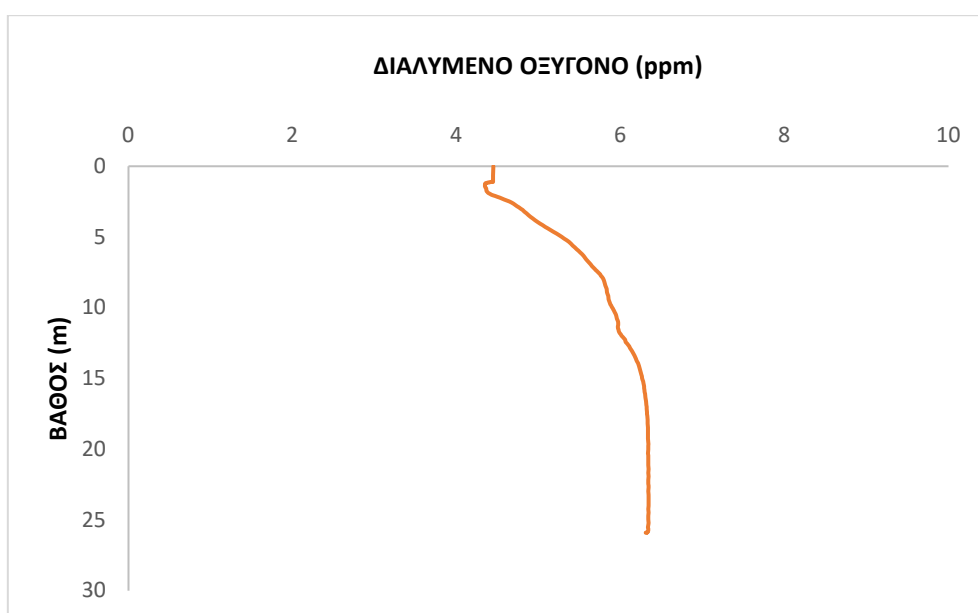
Σχήμα 3.5: Κατανομή της χλωροφύλλης α του νερού σε συνάρτηση με το βάθος στον σταθμό S1.



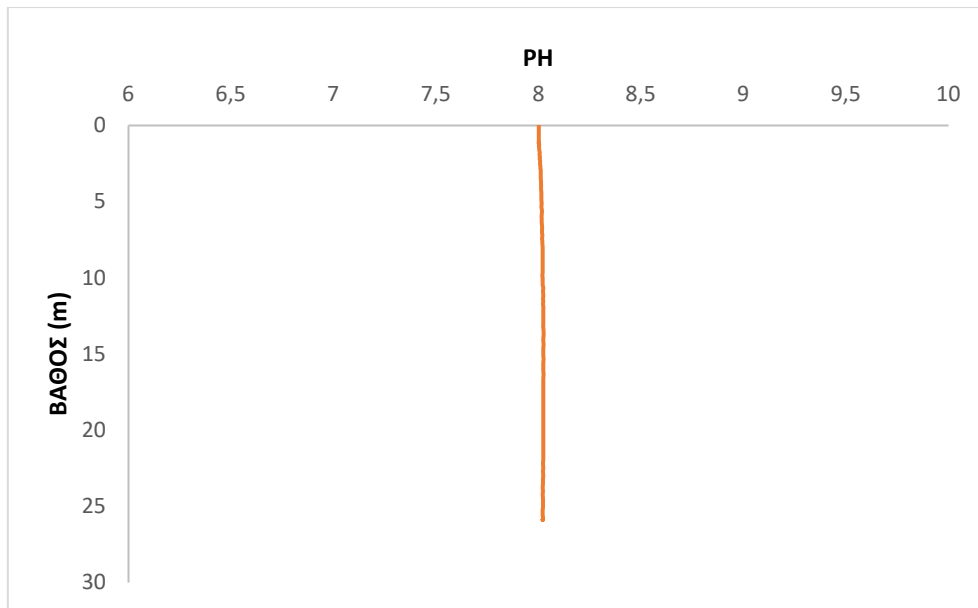
Σχήμα 3.6: Κατανομή της θερμοκρασίας του νερού σε συνάρτηση με το βάθος στον σταθμό S2.



Σχήμα 3.7: Κατανομή της αλατότητας του νερού σε συνάρτηση με το βάθος στον σταθμό S2.



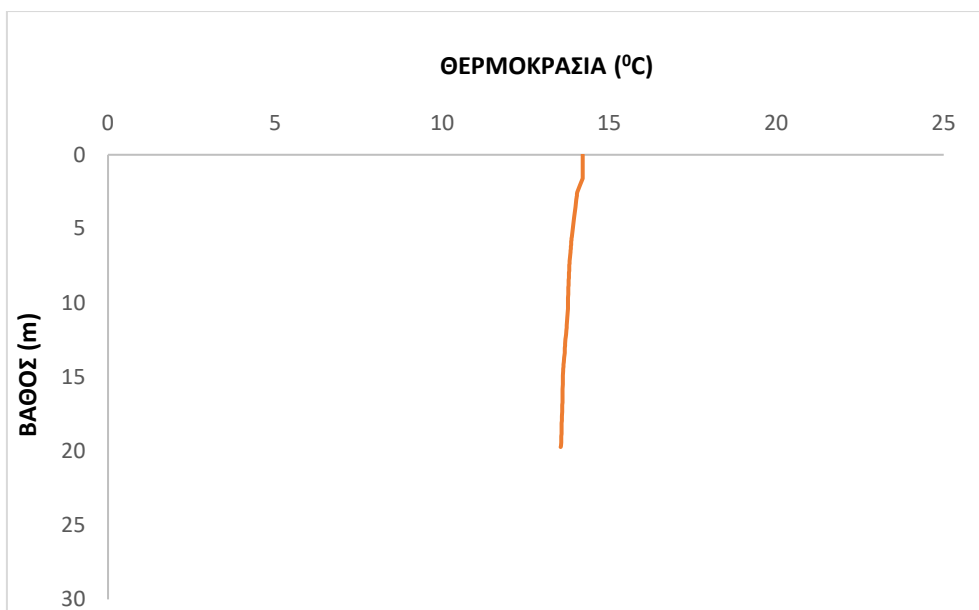
Σχήμα 3.8: Κατανομή του διαλυμένου οξυγόνου του νερού σε συνάρτηση με το βάθος στον σταθμό S2.



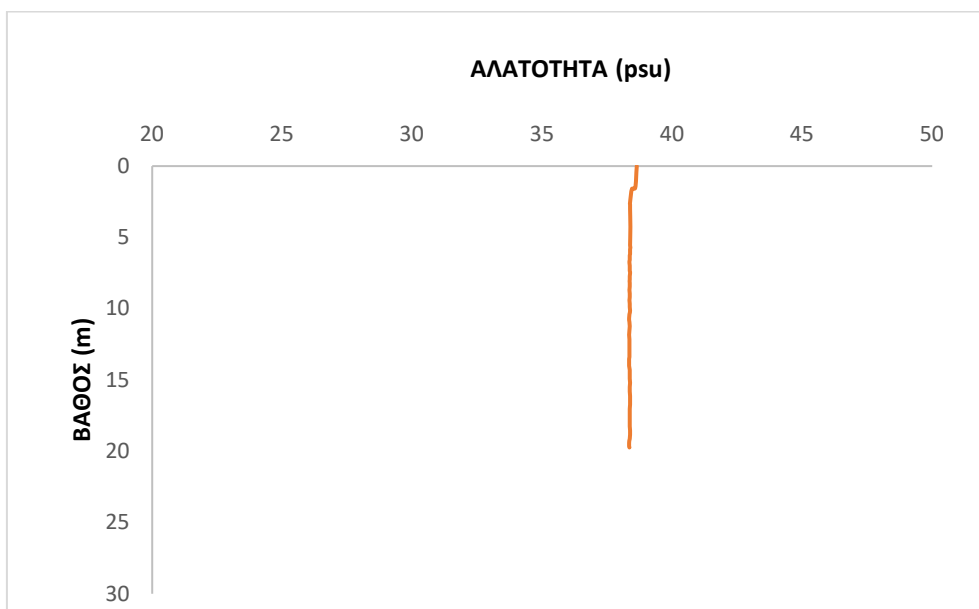
Σχήμα 3.9: Κατανομή του pH του νερού σε συνάρτηση με το βάθος στον σταθμό S2.



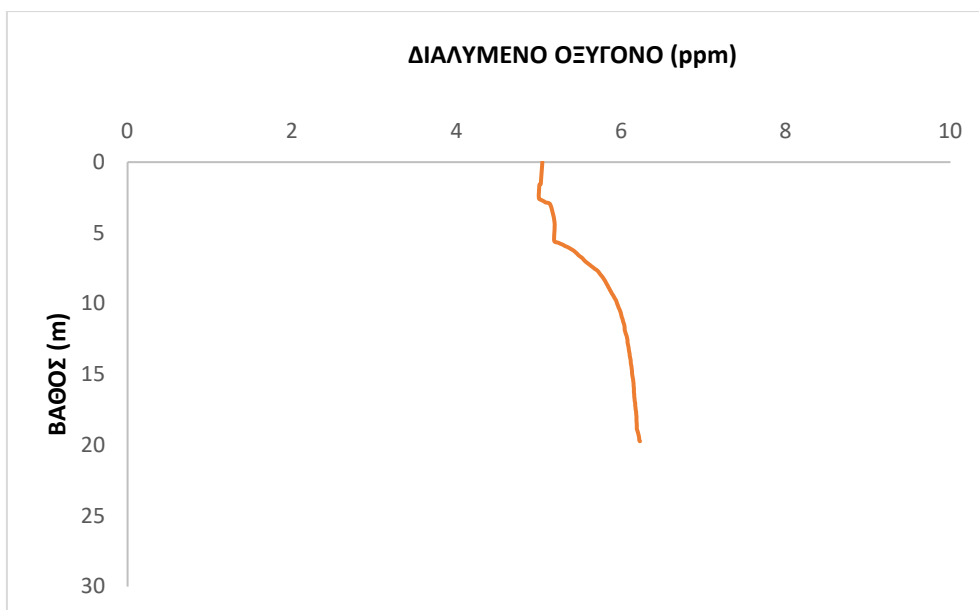
Σχήμα 3.10: Κατανομή της χλωροφύλλης α του νερού σε συνάρτηση με το βάθος στον σταθμό S2.



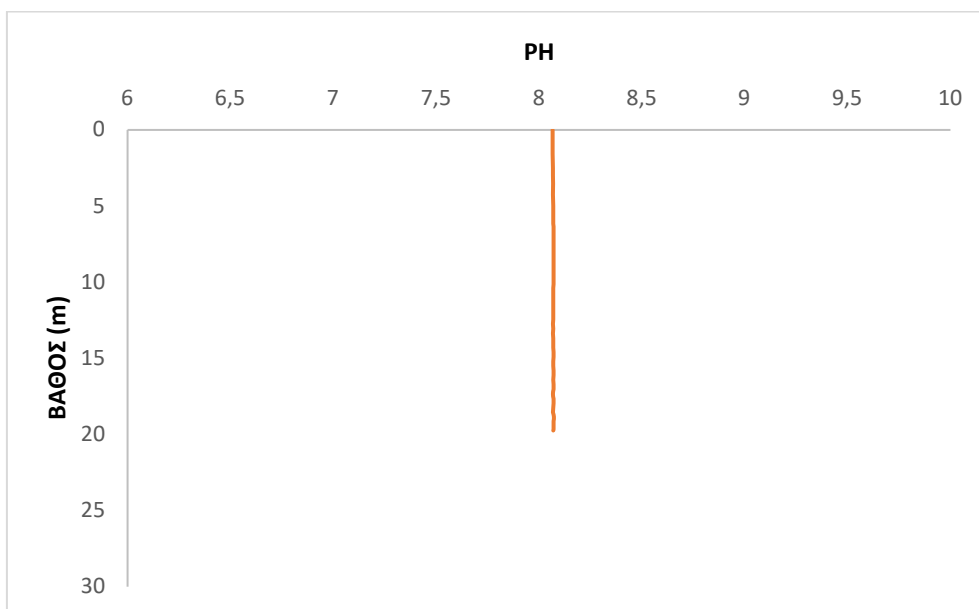
Σχήμα 3.11: Κατανομή της θερμοκρασίας του νερού σε συνάρτηση με το βάθος στον σταθμό S3.



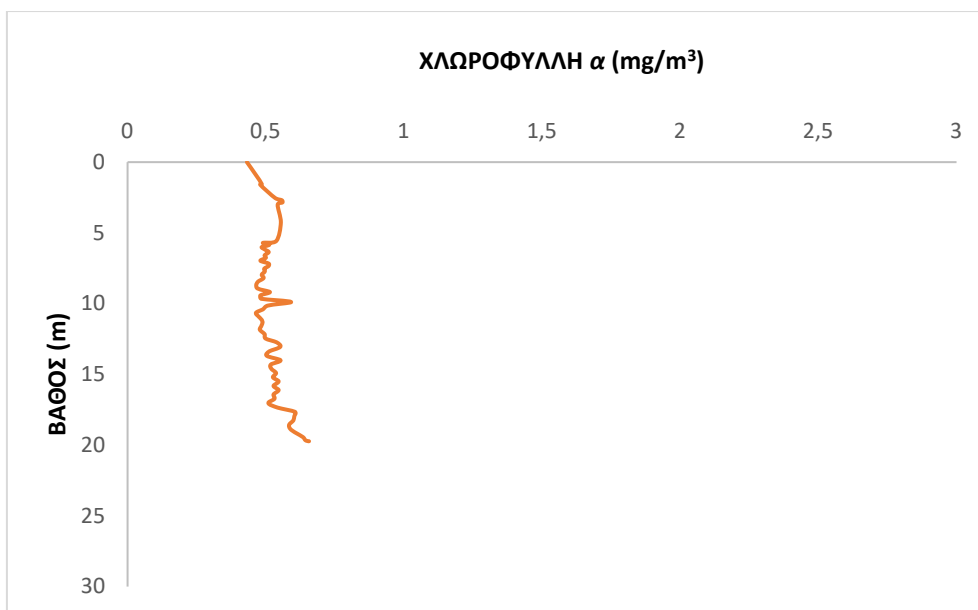
Σχήμα 3.12: Κατανομή της αλατότητας του νερού σε συνάρτηση με το βάθος στον σταθμό S3.



Σχήμα 3.13: Κατανομή του διαλυμένου οξυγόνου το νερού σε συνάρτηση με το βάθος στον σταθμό S3.



Σχήμα 3.14: Κατανομή του pH του νερού σε συνάρτηση με το βάθος στον σταθμό S3.



Σχήμα 3.15: Κατανομή της χλωροφύλλης α του νερού σε συνάρτηση με το βάθος στον σταθμό S3.

3.2 Θρεπτικά άλατα

Στον Πίνακα 3.2 δίνεται το εύρος, η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση των θρεπτικών αλάτων του νερού για τους 3 δειγματοληπτικούς σταθμούς. Στα Σχήματα 3.16 – 3.20 απεικονίζεται η μέση τιμή και η τυπική απόκλιση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων του νερού στους 3 σταθμούς δειγματοληψίας.

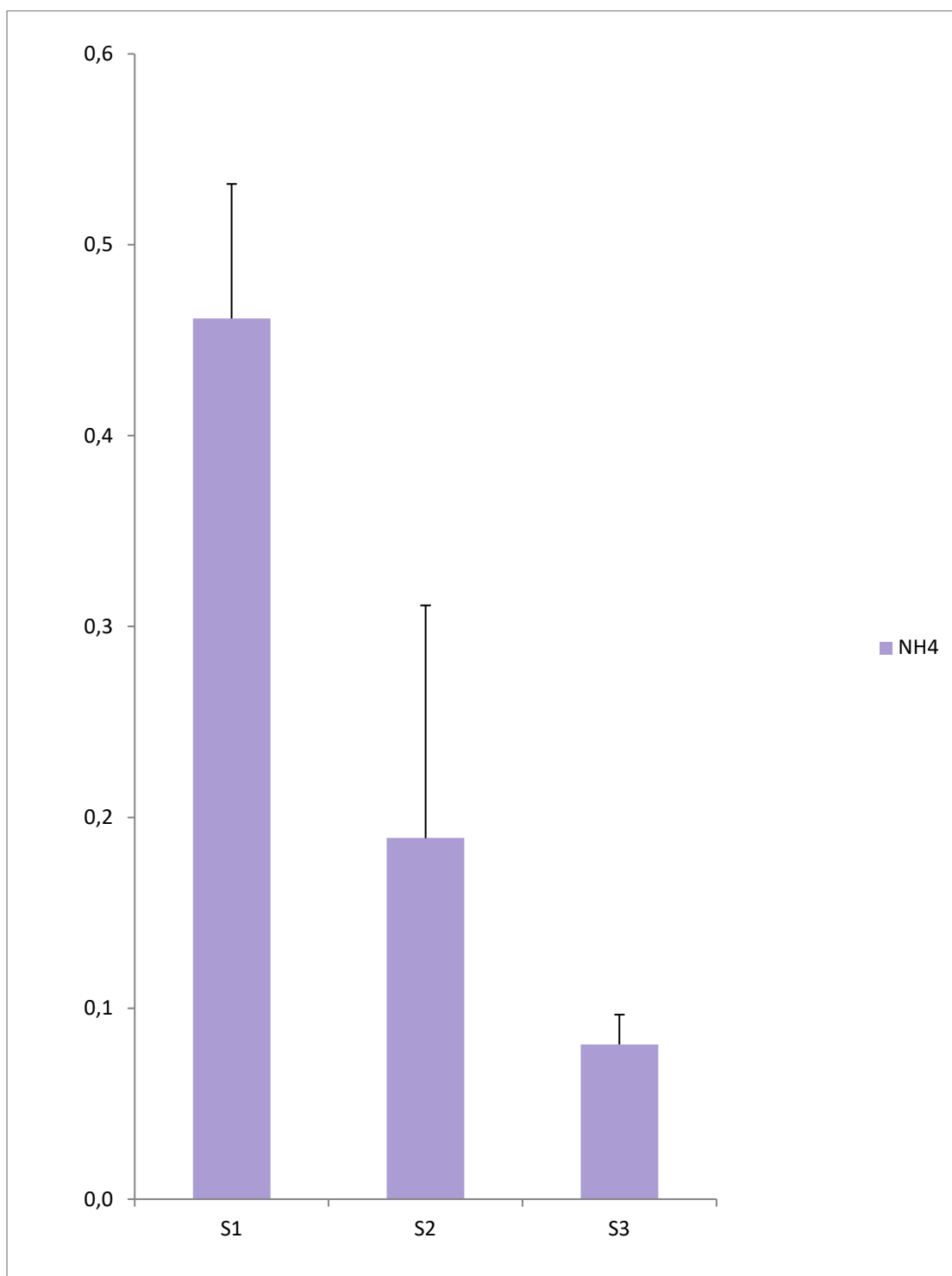
Η μέγιστη τιμή των αμμωνιακών εμφανίστηκε στον σταθμό S1 (0,54 μM) και η ελάχιστη στον σταθμό S2 (0,01 μM). Η μέγιστη τιμή των νιτρικών παρουσιάστηκε στον σταθμό S2 (0,01 μM) και η ελάχιστη πάλι στον σταθμό S2 (0,00 μM). Στα νιτρικά η μέγιστη τιμή παρουσιάστηκε στον σταθμό S2 (2,37 μM) και η ελάχιστη στον σταθμό S1 (2,34 μM). Η μέγιστη τιμή των φωσφορικών παρουσιάστηκε στον σταθμό S2 (0,43 μM) καθώς επίσης και η ελάχιστη (0,03 μM). Τέλος, οι τιμές των πυριτικών διακυμάνθηκαν από 0,35 – 1,97, με τη μέγιστη τιμή να παρουσιάζεται στον σταθμό S1 και την ελάχιστη στον σταθμό S2.

3.3 Στατιστική επεξεργασία

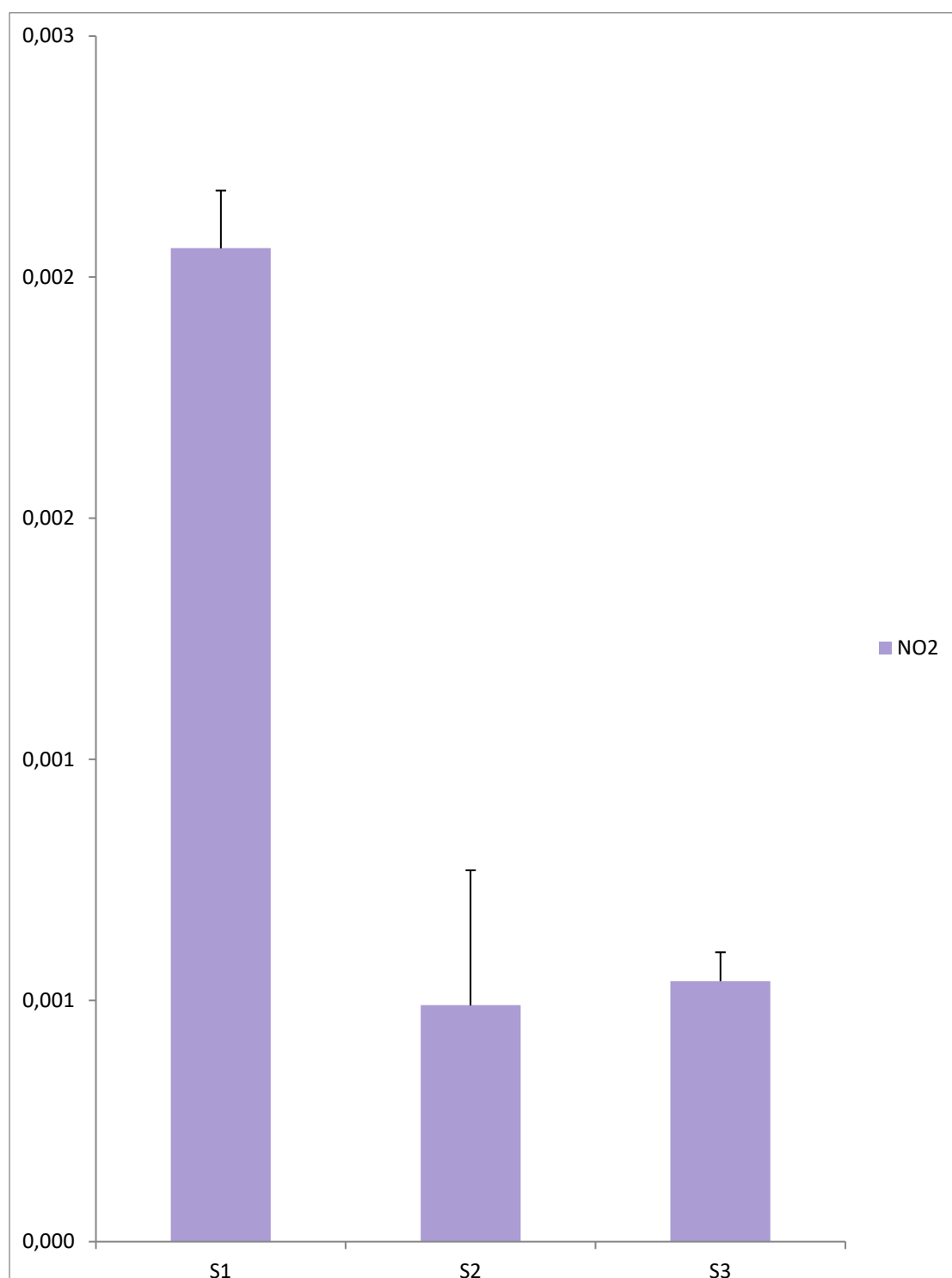
Στον Πίνακα 3.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τη στατιστική σύγκριση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων στους 3 σταθμούς δειγματοληψίας. Η μονοπαραγονική ανάλυση διακύμανσης έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των σταθμών για όλα τα θρεπτικά εκτός από τα φωσφορικά. Ο έλεγχος των στατιστικών διαφορών πραγματοποιήθηκε με το Tukey's test και τα αποτελέσματα δίνονται στον Πίνακα 3.4.

Πίνακας 3.2 : Συγκεντρώσεις θρεπτικών αλάτων (μM) στη στήλη του νερού (αμμωνιακά, νιτρώδη, νιτρικά, φωσφορικά, πυριτικά) στους 3 δειγματοληπτικούς σταθμούς (Μ.Ο = Μέσος Όρος και Τ.Α = Τυπική Απόκλιση).

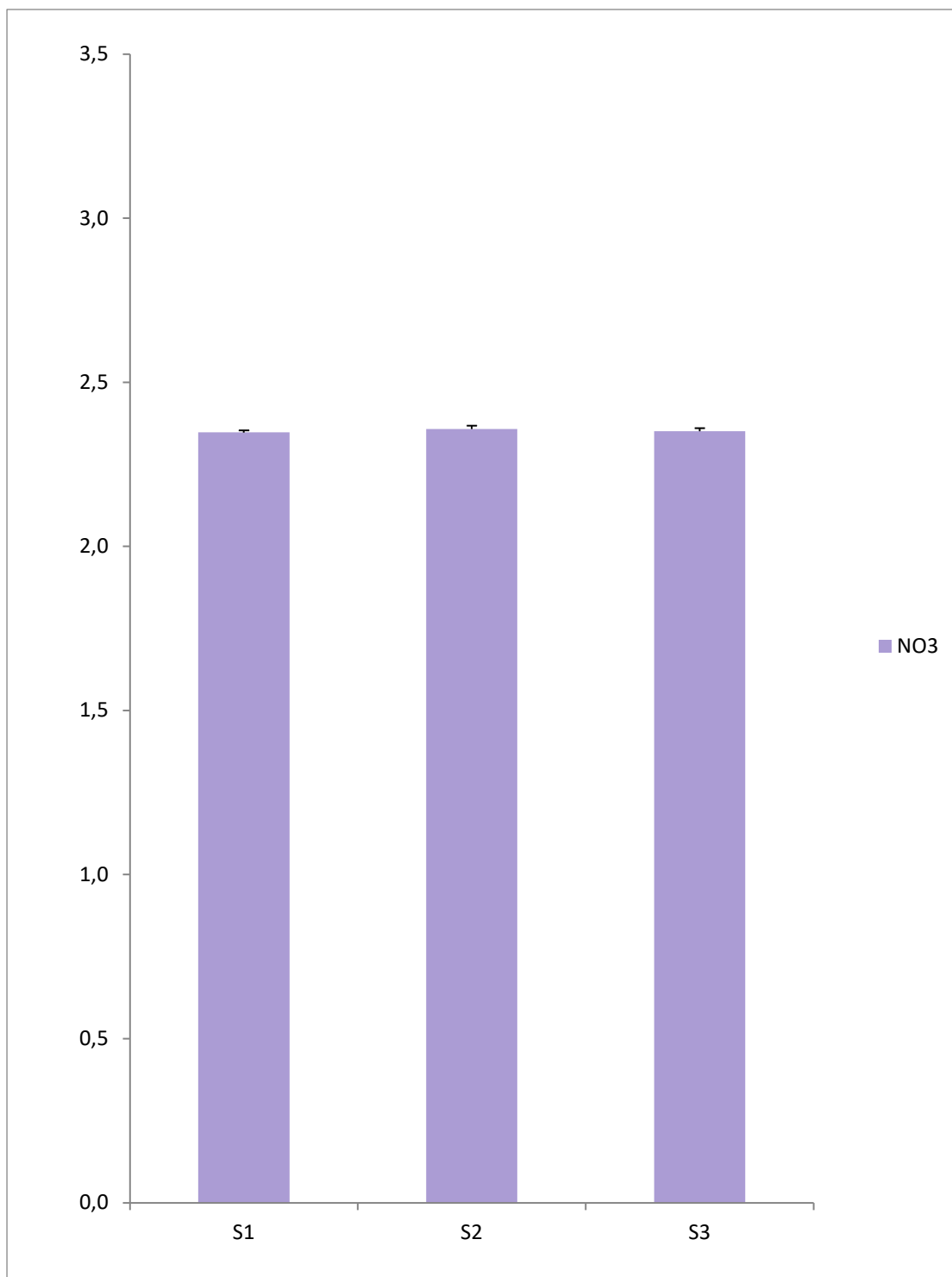
NH₄	S1	S2	S3
ΕΥΡΟΣ	0,33 - 0,54	0,01 - 0,34	0,06 - 0,10
Μ.Ο $\pm$ Τ.Α	0,46 $\pm$ 0,07	0,19 $\pm$ 0,12	0,08 $\pm$ 0,01
NO₂			
ΕΥΡΟΣ	0,0018 - 0,0022	0,000 - 0,009	0,0005 - 0,0007
Μ.Ο $\pm$ Τ.Α	0,0021 $\pm$ 0,0001	0,0005 $\pm$ 0,0003	0,0005 $\pm$ 0,0001
NO₃			
ΕΥΡΟΣ	2,34 - 2,36	2,34 - 2,37	2,34 - 2,36
Μ.Ο $\pm$ Τ.Α	2,35 $\pm$ 0,01	2,36 $\pm$ 0,01	2,35 $\pm$ 0,01
PO₄			
ΕΥΡΟΣ	0,18 - 0,24	0,04 - 0,43	0,21 - 0,24
Μ.Ο $\pm$ Τ.Α	0,22 $\pm$ 0,02	0,19 $\pm$ 0,15	0,23 $\pm$ 0,01
SIO₂			
ΕΥΡΟΣ	1,21 - 1,97	0,35 - 1,51	0,38 - 0,98
Μ.Ο $\pm$ Τ.Α	1,48 $\pm$ 0,27	0,87 $\pm$ 0,48	0,80 $\pm$ 0,22



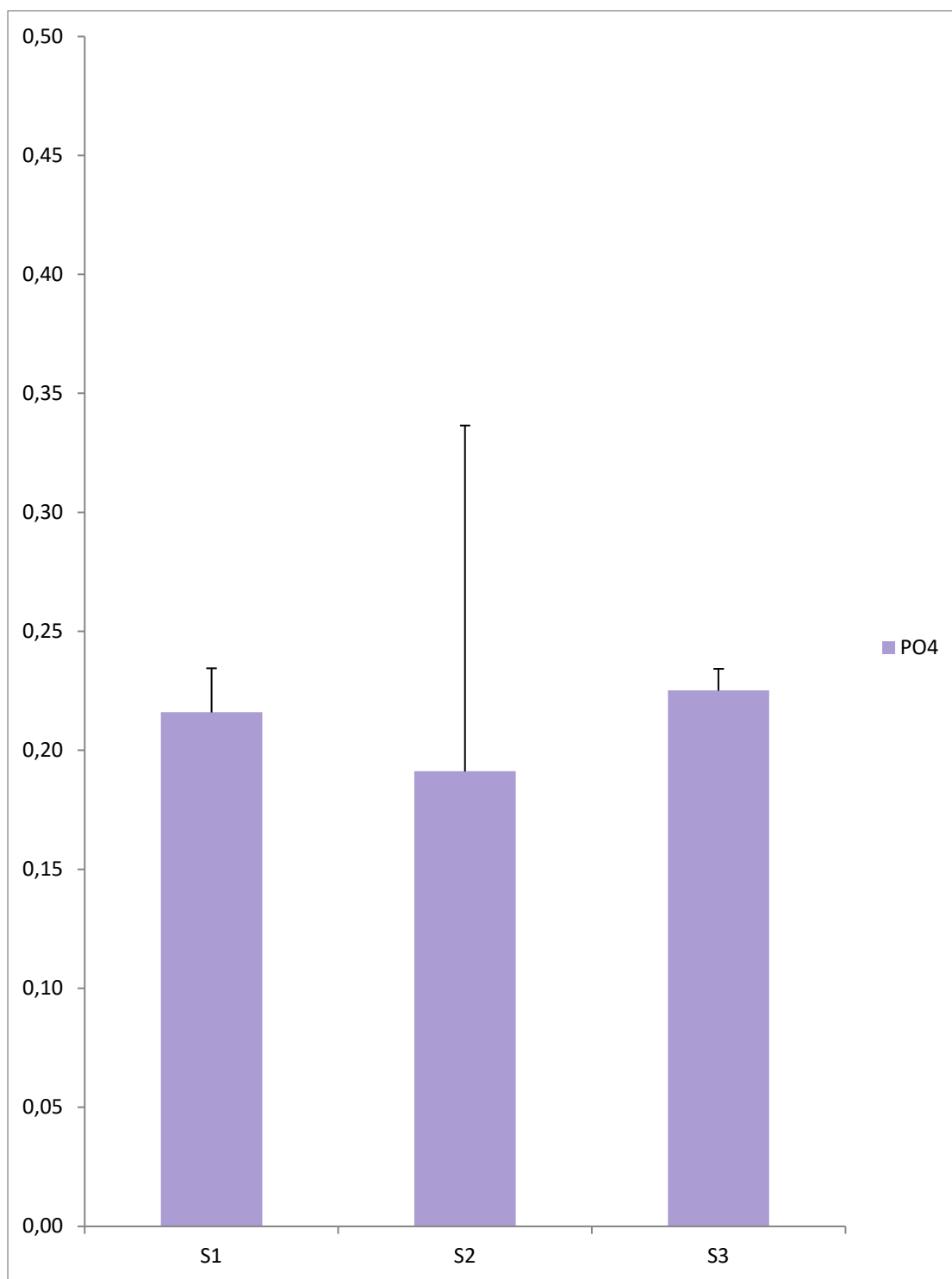
Σχήμα 3.16 : Διάγραμμα με την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των αμμωνιακών (μM) στους 3 σταθμούς δειγματοληψίας.



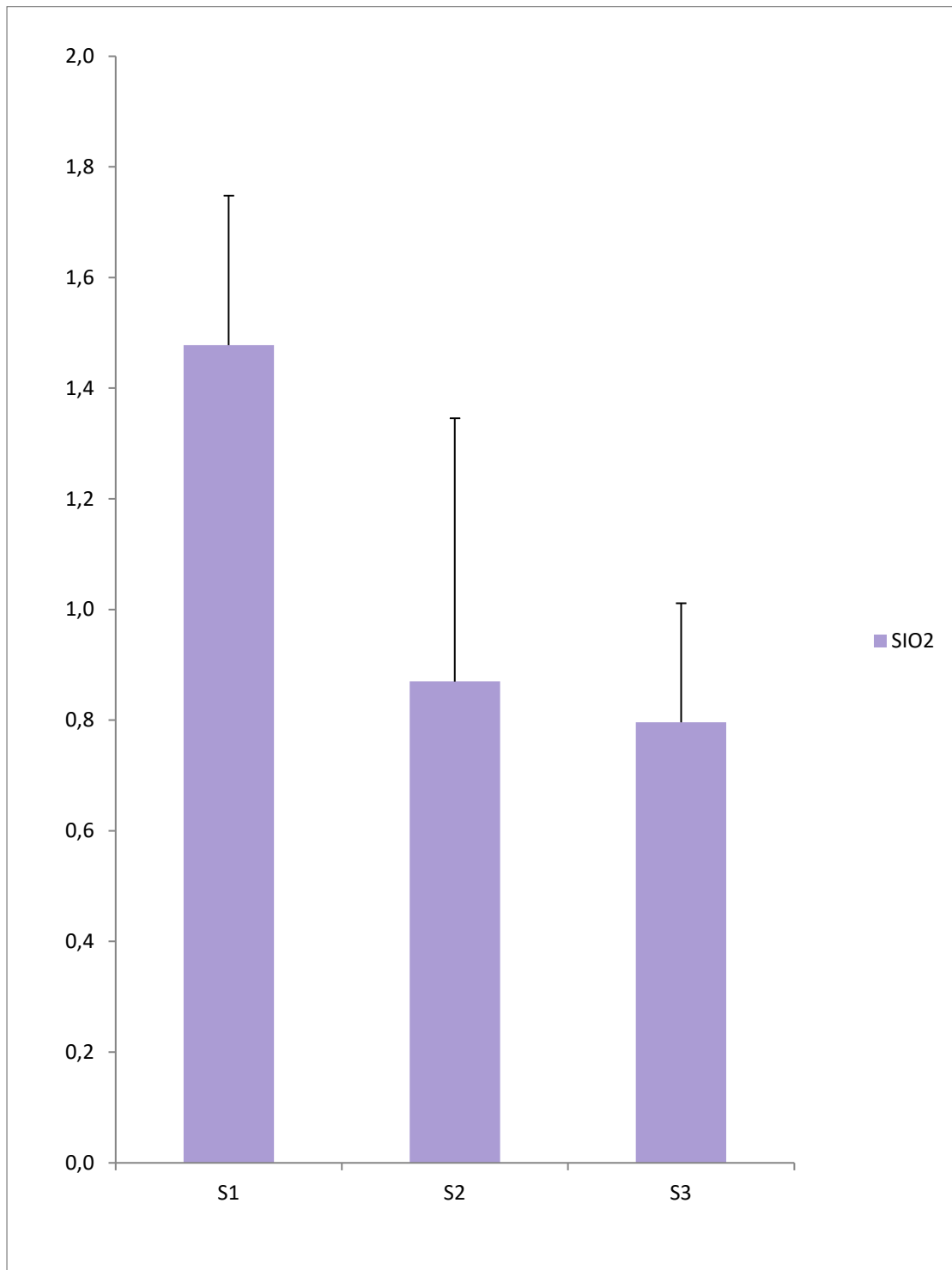
Σχήμα 3.17 : Διάγραμμα με την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των νιτρικών (μM) στους 3 σταθμούς δειγματοληψίας.



Σχήμα 3.18 : Διάγραμμα με την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των νιτρικών (μM) στους 3 σταθμούς δειγματοληψίας.



Σχήμα 3.19 : Διάγραμμα με την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των φωσφορικών (μM) στους 3 σταθμούς δειγματοληψίας.



Σχήμα 3.20 : Διάγραμμα με την μέση τιμή και την τυπική απόκλιση των πυριτικών (μM) στους 3 σταθμούς δειγματοληψίας.

Πίνακας 3.3: Στατιστική σύγκριση της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων μεταξύ των δειγματοληπτικών σταθμών της περιοχής έρευνας με την μονοπαραγοντική ανάλυση διακύμανσης (F : Λόγος, P level : Επίπεδο σημαντικότητας).

ΜΕΤΑΒΛΗΤΗ	ΒΑΘΜΟΙ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΣ	F	P
NH ₄	44	86,09	**
NO ₂	44	362,36	**
NO ₃	44	5,38	*
PO ₄	44	0,65	ΜΣ
SIO ₂	44	18,21	**

* $P < 0,05$, ** $P < 0,001$, ΜΣ (Μη Σημαντικό)

Πίνακας 3.4: Έλεγχος στατιστικών αποτελεσμάτων ανάμεσα στους σταθμούς δειγματοληψίας για τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων με το Tukey's test.

NH ₄	S1	S2
S2	*	
S3	*	*
NO ₂	S1	S2
S2	*	
S3	*	ΜΣ
NO ₃	S1	S2
S2	*	
S3	ΜΣ	ΜΣ
SIO ₂	S1	S2
S2	*	
S3	*	ΜΣ

* $P < 0,05$, ΜΣ (Μη Σημαντικό)

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 Φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά

Οι τιμές της θερμοκρασίας εμφάνισαν την αναμενόμενη εποχιακή διακύμανση. Το φαινόμενο του θερμοκλινούς δεν παρατηρήθηκε σε κανέναν από τους 3 σταθμούς. Η θερμοκρασία του νερού επιδρά ουσιαστικά στον μεταβολικό ρυθμό και στην κατανάλωση του οξυγόνου από τα εκτρεφόμενα είδη. Για τον λόγο αυτό η θερμοκρασία αποτελεί βασική παράμετρο για την αξιολόγηση της καταλληλότητας ή όχι μιας περιοχής για ιχθυοκαλλιέργεια. Ειδικότερα, όσο η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αυξάνεται προς το βέλτιστο όριο των θερμοκρασιών για τα εκτρεφόμενα είδη, τόσο οι οργανισμοί αυτοί γίνονται περισσότερο εύρωστοι. Η θερμοκρασία δηλαδή αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ειδών, ενώ η ηλικία, το μέγεθος, η υγιεινή κατάσταση και το γενετικό υλικό αυτών, διαφοροποιεί κάθε φορά και τα όρια βέλτιστης ανάπτυξής τους, καθώς και τα όρια της ανθεκτικότητάς τους στις μεταβαλλόμενες θερμοκρασίες (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Τα βέλτιστα όρια για την ανάπτυξη του λαβρακιού και της τσιπούρας είναι 23-25 °C, ενώ άλλα είδη όπως τα κυπρινοειδή, που είναι θερμόφιλα, αναπτύσσονται καλύτερα σε θερμοκρασίες μεταξύ 20-26°C. Μάλιστα τα είδη αυτά προτιμούν περισσότερο τις υψηλές θερμοκρασίες νερού. Τα σολομοειδή αντίθετα θεωρούνται ψυχρόφιλα είδη, αναπτύσσονται καλύτερα σε θερμοκρασίες μεταξύ 13-17°C, ενώ θερμοκρασίες περιβάλλοντος γύρω στους 25°C, τείνουν να αποτελέσουν και τα ανώτερα όρια αντοχής τους (Alabaster & Loyd 1980, Poxton & Allouse 1982).

Η αλατότητα είναι ένας φυσικός παράγοντας ο οποίος έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει έμμεσα τους οργανισμούς, γιατί η μεταβολή της προκαλεί τροποποίηση της φυσικοχημικής κατάστασης του νερού (μεταβολή της διαλυτότητας των αερίων, αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας για ωσμωρύθμιση, κ.ά.). Με βάση την ανθεκτικότητα στον παράγοντα αυτό, οι οργανισμοί διακρίνονται σε ευρύαλους (μεγάλη αντοχή στις τιμές της αλατότητας) και στενόαλους (αντοχή εντός στενών ορίων) (Νεοφύτου & Νεοφύτου 2017).

Στα ευρύαλα ψάρια η αλατότητα παίζει σημαντικό ρόλο, γιατί χαρακτηρίζει κάθε στάδιο της ζωής του και κυρίως τα αρχικά στάδια του νεαρού ατόμου, οπότε και οι πληθυσμοί τους συγκεντρώνονται σε δέλα ποταμών και λιμνοθάλασσες διαφορετικής αλατότητας από την ανοιχτή θάλασσα. Έρευνες σε ευρύαλα θαλασσινά ψάρια (*Mugil cephalus*, *Sparus auratus*, *Dicentrarchus labrax*, κλπ.) διαπίστωσαν ότι στην πλειονότητά τους η επιβίωση και η ανάπτυξη είναι άριστη σε ενδιάμεσες αλατότητες από 20-35 psu (Febry & Lutz 1987, Kelley 1988, Κονίδης 1992). Έχει γίνει σαφές (Brett 1979) ότι όταν η αλατότητα είναι ανώτερη του ισοωσμωτικού σημείου των 10 ± 2 psu στα ψάρια, τότε ο οργανισμός επιβιώνει με βάση την ανθεκτικότητά του στην αλατότητα ανεξάρτητα από το εάν είναι στενόαλος ή ευρύαλος. Σε αντίθετη περίπτωση, λαμβάνει χώρα αναστροφή του μηχανισμού ωσμωρύθμισης (Davenport & Vahl 1979). Η επιτυχία ή αποτυχία της αναστροφής αποτελεί τον κύριο λόγο θνησιμότητας κατά τη μεταβολή της αλατότητας, ακόμη και στην περίπτωση των ευρύαλων ψαριών (Κονίδης 1992).

Έχει διαπιστωθεί επίσης, ότι οι ορμόνες του θυρεοειδούς στα ψάρια καθορίζουν την προτίμηση του οργανισμού στο γλυκό ή στο θαλασσινό νερό ακόμη και στα μεταναστευτικά ψάρια (σολομός) σε συνδυασμό ή όχι με την προλακτίνη της υπόφυσης (Leatherland 1970, Holliday 1971). Σε μια υδατοκαλλιέργεια, η αλατότητα

επιδρά στη θρέψη και στην ανάπτυξη των θαλασσινών ειδών, ενώ ορισμένα είδη του γλυκού νερού (σολομοειδή) χρειάζονται μεγάλο χρονικό διάστημα για να εγκλιματιστούν σε αυξημένες συνθήκες αλατότητας.

Από τα διαγράμματα της αλατότητας σε σχέση με το βάθος παρατηρούμε ότι στα επιφανειακά στρώματα υπάρχουν μικρές διακυμάνσεις στις τιμές της αλατότητας και όσο αυξάνεται το βάθος τόσο οι τιμές παρουσιάζουν μεγαλύτερη ομοιογένεια. Τα παραπάνω αποτελέσματα συμφωνούν με παλαιότερες έρευνες για τον Παγασητικό κόλπο. Οι Gabrielides & Theocharis (1978), κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι αρχικά, το χειμώνα η υδάτινη στήλη είναι πλήρως ομογενοποιημένη κι έπειτα τις υπόλοιπες εποχές διαφοροποιείται σε 3 διαφορετικά στρώματα ανάλογα με το βάθος:

1. Το επιφανειακό στρώμα (10-30 m)
2. Το ενδιάμεσο στρώμα (20-40 m)
3. Το βαθύ στρώμα (>50 m).

Επιπλέον, τονίζουν τον εμφανή σχηματισμό τόσο του θερμοκλινούς όσο και του αλοκλινούς στο ενδιάμεσο στρώμα της υδάτινης στήλης. Στο επιφανειακό στρώμα η αλατότητα εμφανίζεται χαμηλότερη (36,5 το καλοκαίρι και 38 psu τον χειμώνα) σε σχέση με το ενδιάμεσο και το βαθύ στρώμα (38 και 38,5, αντίστοιχα το καλοκαίρι και τον χειμώνα).

Το διαλυμένο οξυγόνο είναι εκείνο που καθορίζει την αξιοποίηση μια ιχθυοτροφικής περιοχής και μπορεί να την κατευθύνει ή να την περιορίσει. Μια εκτροφή μπορεί να περιοριστεί όταν τα επίπεδα του κορεσμού του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου πέσουν κάτω από το 70%. Τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου δε θα πρέπει να είναι κάτω από τα 5 ppm, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι οργανισμοί δεν

μπορούν να επιβιώσουν και σε χαμηλότερα επίπεδα για ορισμένο χρονικό διάστημα (Klaoudatos et al. 1996, Klaoudatos 2002).

Τα επίπεδα του διαλυμένου οξυγόνου στην παρούσα έρευνα κυμάνθηκαν από 3,93 – 6,89 ppm με Μ.Ο περίπου 6 ppm. Ωστόσο, οι τιμές αυτές ανταποκρίνονται στα φυσικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής μελέτης. Ο Friligos (1988), αναφέρει ότι στην επιφάνεια του Παγασητικού κόλπου το διαλυμένο οξυγόνο τον χειμώνα κυμαίνεται από 5,5 μέχρι 6 ppm, ενώ το καλοκαίρι έχει τιμές 4,5 – 5 ppm. Ο κόλπος εκτός από το βαθύ στρώμα του κεντρικού τμήματός του, εμφανίζεται κορεσμένος σε οξυγόνο όλες τις εποχές του έτους (Gabrielides & Theocharis 1978).

Επίσης, η μείωση του οξυγόνου που παρατηρήθηκε στους σταθμούς S1 και S2, κυρίως στα επιφανειακά στρώματα, πιθανό να οφείλεται στην αναπνοή των εκτρεφόμενων ιχθύων αλλά και στην παρεμπόδιση της ανανέωση του νερού λόγω της βιοεπίστρωσης των διχτύων (Fitridge et al. 2012). Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Neofitou & Klaoudatos (2008) στην ίδια περιοχή έρευνας, ενώ οι Aksu & Kocatas (2007), οι οποίοι διερεύνησαν τις περιβαλλοντικές επιδράσεις τριών ιχθυοτροφείων στον κόλπο της Σμύρνης, ανέφεραν χαμηλότερες τιμές οξυγόνου κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών και δε βρήκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ιχθυοκλωβών και του μάρτυρα.

Ωστόσο τα επίπεδα του κορεσμού του διαλυμένου οξυγόνου επηρεάζονται άμεσα τόσο από τη θερμοκρασία όσο και από τις συγκεντρώσεις των διαλυμένων οργανικών και ανόργανων θρεπτικών που παράγονται ή βρίσκονται στην περιοχή (Beveridge 1996, Mente et al. 2006). Οι υδρογραφικές συνθήκες της περιοχής, ο ρυθμός ανανέωσης των νερών, η κάθετη ανάμειξη των υδάτινων στρωμάτων και άλλοι παράγοντες είναι πιθανό να εμποδίζουν τη διαθεσιμότητα του οξυγόνου στα

εκτρεφόμενα είδη (Alzieu 1989). Η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου μπορεί να επηρεάσει τον ρυθμό ανάπτυξης των εκτρεφόμενων οργανισμών και κατά συνέπεια να εμφανιστούν προβλήματα όπως χαμηλή ποιότητα τελικού προϊόντος, εμφάνιση ασθενειών κ.ά.

Η χλωροφύλλη *a* στην παρούσα έρευνα κυμάνθηκε από 0,43 – 2,31 mg/m³ με Μ.Ο περίπου 1 mg/m³. Η μέγιστη τιμή παρατηρήθηκε στον σταθμό S1, ενώ η ελάχιστη στον σταθμό S3. Παρόμοια αποτελέσματα αναφέρουν και οι Neofitou et al. (2019) σε έρευνα που διεξήγαγαν σε ιχθυοκαλλιέργεια του Παγασητικού κόλπου. Στον Παγασητικό κόλπο, η μέση συγκέντρωση της χλωροφύλλης *a* κυμαίνεται μεταξύ 0,205 και 0,748 μg/L, η οποία βρίσκεται εντός του εύρους που βρέθηκε και σε άλλες oligotrophic παράκτιες περιοχές. Για θάλασσες της Βορείου Ευρώπης, η μέγιστη τιμή των 10 μg/L αναφέρεται ως όριο για την αποφυγή του ευτροφισμού (Neofitou & Kladoudatos 2008).

Στην ανατολική Μεσόγειο, οι Pitta et al. (2005) ερεύνησαν περιοχές κοντά (2-3 ναυτικά μίλια) και μακριά από (20 ναυτικά μίλια) μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας για να εξετάσουν εάν ο εμπλουτισμός σε θρεπτικά συστατικά από τη λειτουργία αυτών προκαλεί επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού και στη συγκέντρωση του πλαγκτού. Η χλωροφύλλη *a* ήταν σημαντικά και σταθερά αυξημένη κοντά στις μονάδες και παρουσίασε σημαντική εποχιακή και χωρική διακύμανση. Οι συγγραφείς ανέφεραν ότι υπήρξε ταχεία αξιοποίηση των θρεπτικών συστατικών από το πλαγκτόν και μεταφορά του μέσω της τροφικής αλυσίδας, χωρίς να εμφανίζονται φαινόμενα ευτροφισμού. Στην παρούσα εργασία η χλωροφύλλη *a* δεν παρουσίασε σημαντικές χωρικές διακυμάνσεις. Ωστόσο, οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις παρατηρήθηκαν στον σταθμό S1.

Τα περισσότερα από τα εκτρεφόμενα είδη προτιμούν συνθήκες pH γύρω στο 6-8 (Petit 1989), ενώ τιμές μεταξύ 6,5-8,5 είναι συνήθως ακίνδυνες για τους υδρόβιους οργανισμούς. Πολλές φορές η ανθεκτικότητα των ειδών ως προς το pH αυξάνεται με την ηλικία, το μέγεθος ή ακόμη και με την περίοδο εγκλιματισμού των ειδών σε ακραία επίπεδα.

Το pH δεν παρουσίασε μεγάλες διακυμάνσεις στην παρούσα εργασία. Οι τιμές του κυμάνθηκαν εντός των ορίων σύμφωνα με τον Boyd (1981), ο οποίος αναφέρει ότι το άριστο όριο διαβίωσης για διάφορους οργανισμούς είναι ανάμεσα στο 6,5 – 9,0. Το pH αποτελεί μια σημαντική παράμετρο για τις υδατοκαλλιέργειες, διότι αυξάνει την τοξική δράση της αμμωνίας, αλλά και την τοξικότητα πολλών μετάλλων, πολλά από τα οποία είναι ακίνδυνα σε αλκαλικό περιβάλλον.

4.2 Θρεπτικά άλατα

Οι παράκτιες υδατοκαλλιέργειες και ιδιαίτερα οι ιχθυοκαλλιέργειες, παράγουν απόβλητα που χαρακτηρίζονται από μεγάλο ποσοστό N και P σε διαλυμένη μορφή μέσα στη στήλη του νερού (La Rosa et al. 2002). Το άζωτο στα υδάτινα οικοσυστήματα εμφανίζεται σε διάφορες μορφές όπως NH_3 , NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , ελεύθερο αέριο (N_2) και οργανικές ενώσεις, όπως τα αμινοξέα και οι πρωτεΐνες.

Οι Pitta et al. (1999), αναφέρουν ότι οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στην περιοχή που βρίσκονται οι ιχθυοκλωβοί μπορεί να είναι πολύ μεγαλύτερες εάν οι δειγματοληψίες πραγματοποιηθούν κατά τις πρώτες μεσημεριανές ώρες και μετά την προσφορά τροφής στους εκτρεφόμενους οργανισμούς. Αυτό όμως μπορεί να μην

οφείλεται μόνο στην προσφορά τροφής στους εκτρεφόμενους οργανισμούς αλλά και στη μείωση του ρυθμού ανανέωσης του νερού στους σταθμούς των ιχθυοκλωβών. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε από τον Inoue (1972), όπου μέσα στην περιοχή των ιχθυοκλωβών εντόπισε περιορισμό της κίνησης του νερού λόγω της φυσικής παρεμπόδισης της κίνησής του από τα δίχτυα, καθώς και των οργανισμών που αναπτύσσονται μέσα σε αυτά. Η ταχύτητα του ρεύματος του νερού έχει υπολογιστεί ότι μπορεί να μειωθεί κατά 35-50% όταν παρεμβάλλεται δίχτυ με άνοιγμα ματιού 50 mm (Edwards & Edelsten 1976). Στην παρούσα έρευνα το άνοιγμα του ματιού των δικτύων των ιχθυοκλωβών ήταν μεταξύ 5 και 17 mm.

Όταν οι ιχθυοκλωβοί είναι τετράγωνοι και οι συστοιχίες τους σχηματίζονται με τον ένα στη συνέχεια του άλλου, τότε ισχύουν οι παραπάνω παρατηρήσεις. Αυτό συμβαίνει και στην παρούσα εργασία και αποτελεί εξήγηση για την αύξηση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στην περιοχή εγκατάστασης της συστοιχίας των κλωβών.

Παρόλα αυτά οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στην παρούσα έρευνα σε καμία περίπτωση δεν ξεπέρασαν τα επιτρεπτά όρια πέραν των οποίων παρατηρείται το φαινόμενο του ευτροφισμού ή δημιουργούνται σοβαρές βλάβες στους εκτρεφόμενους οργανισμούς (Sawyer 1966).

Αν και τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν στατιστικές σημαντικές διαφορές για όλα τα θρεπτικά άλατα πέραν των φωσφορικών, αυτό που είναι υψίστης σημασίας είναι οι συγκεντρώσεις της αμμωνίας. Το πόσο τοξική είναι η αμμωνία εξαρτάται από το pH και τη θερμοκρασία του νερού. Περισσότερο τοξική γίνεται επίσης σε αλκαλικά ή θερμά νερά, παρά σε όξινα και ψυχρά (Χοχτούλας 2008). Παρόλο που τα θαλασσινά νερά έχουν πολύ καλή ρυθμιστική ικανότητα, φαινόμενα

τοξικότητας από την παρουσίας αμμωνίας εμφανίζονται όταν υπάρχει υψηλή πυκνότητα εκτροφής, ανεπαρκής κυκλοφορία του νερού, υψηλές θερμοκρασίες, ρυπασμένα νερά κ.ά. (Shepherd & Bromage 1988).

Στην παρούσα έρευνα οι τιμές των αμμωνιακών κυμάνθηκαν από 0,02 – 0,54 μM . Η μέγιστη τιμή βρέθηκε στον σταθμό S1 (0,54 μM) ενώ η ελάχιστη στον σταθμό S2 (0,02 μM). Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών μειώνονται σταδιακά σε σχέση με το βάθος, ενώ οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν στα επιφανειακά στρώματα. Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και από τους Neofitou & Kladoudatos (2008), οι οποίοι ερεύνησαν τις χωρικές και χρονικές επιδράσεις των θρεπτικών αλάτων στην ίδια περιοχή. Επίσης, οι Mantzavarakos et al. (2007), σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε στον Αργολικό κόλπο, παρατήρησαν ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των αμμωνιακών εμφανίστηκαν την καλοκαιρινή περίοδο στον σταθμό δειγματοληψίας που βρίσκεται ακριβώς δίπλα από την εκτροφή. Πιο συγκεκριμένα η συγκέντρωση της αμμωνίας στον σταθμό αυτό ήταν 2,16 mg/l, σχεδόν 2 φορές μεγαλύτερη από τον σταθμό μάρτυρα. Σε μια εκτροφή τσιπούρας και λαβρακιού στην Αδριατική οι Matijevic et al. (2009), ανέφεραν ελαφρώς αυξημένες συγκεντρώσεις αζώτου σε σύγκριση με τον σταθμό αναφοράς, αλλά μόνο στα επιφανειακά ύδατα, ενώ οι Schembri et al. (2002), δεν βρήκαν σημαντικές αλλαγές στην ποιότητα των υδάτων, σε μια μονάδα πάχυνσης τόνου στη Μάλτα.

Τα νιτρώδη στην παρούσα έρευνα παρέμειναν σε χαμηλές τιμές συγκέντρωσης, γεγονός που είναι απόλυτα φυσιολογικό αν αναλογιστούμε ότι τα νιτρώδη πολύ γρήγορα οξειδώνονται και μετατρέπονται σε νιτρικά (σύστημα απονιτροποίησης στο υδάτινο περιβάλλον) (US EPA 1986). Τα νιτρικά αποτελούν μια πιο σταθερή μορφή αζώτου και είναι λιγότερο τοξικά για τους υδρόβιους οργανισμούς (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2010). Τα νιτρικά στην παρούσα έρευνα κυμάνθηκαν από 2,34 – 2,37

μM. Παρόμοιες τιμές νιτρικών κατέγραψαν και οι Aksu et al. (2010) στο Ανατολικό Αιγαίο.

Όσον αφορά τα φωσφορικά, αναλόγως με τον τύπο εκτροφής οι απώλειες προς το περιβάλλον μπορεί να ποικίλουν. Στις συστοιχίες των ιχθυοκλωβών οι απώλειες αυτές ανέρχονται στο 71 – 85% της ποσότητας του προσφερόμενου με την τροφή φωσφόρου, από τις οποίες το 11-30% είναι σε διαλυτή μορφή και το 49-70% σε σωματιδιακή (Foy & Rosall 1991). Ωστόσο, αποτελεί μικρό ποσοστό στην παρεχόμενη τροφή, αποτελώντας μόλις το 1,2-1,5 %. Από αυτό, μόλις το 13-32% ενσωματώνεται στη σάρκα των παραγόμενων ψαριών.

Γενικά σε παράκτιες περιοχές, όπως ο Παγασητικός κόλπος, τα φωσφορικά παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις λόγω εποχιακών ροών από το χερσαίο περιβάλλον και πρόσληψης από το φυτοπλαγκτό (Petihakis et al. 2002). Κύριος παράγοντας της αυξημένης συγκέντρωσης είναι η διαλυτοποίηση της τροφής κοντά στην επιφάνεια του νερού (Neofitou et al. 2019). Αυτό όμως μπορεί να προέρχεται επίσης και από την αποσύνθεση της οργανικής ύλης και από τις μεταβολικές δραστηριότητες των οργανισμών (Beveridge 1996). Η αναλογία N:P στη Μεσόγειο θάλασσα είναι μεγαλύτερη από 27 με την μέση τιμή να είναι 75. Σύμφωνα με αυτά, ο φώσφορος είναι ο περιοριστικός παράγοντας για την ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής στη Μεσόγειο θάλασσα (Karakassis et al. 2001).

Στην παρούσα έρευνα οι τιμές των φωσφορικών κυμάνθηκαν από 0,04 – 0,43 μM, με τη μέγιστη αλλά και την ελάχιστη τιμή να παρατηρείται στον σταθμό S2. Οι τιμές στον σταθμό S1 κυμάνθηκαν από 0,18 – 0,24 μM και στον S3 από 0,21 – 0,24 μM. Παρόλα αυτά η στατιστική επεξεργασία δεν έδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ

των συγκεντρώσεων των φωσφορικών. Οι τιμές τους βρέθηκαν χαμηλές σε σύγκριση με άλλες έρευνες (Neofitou & Klaoudatos 2008).

Τέλος, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα πυριτικά κυμάνθηκαν από 0,35 – 1,97 μM . Η ελάχιστη τιμή παρατηρήθηκε στον σταθμό S2 (0,35 μM), ενώ η μέγιστη στον S1 (1,97 μM). Σε προηγούμενη έρευνα στην ίδια περιοχή οι Neofitou & Klaoudatos (2008), αναφέρουν πως η μέγιστη τιμή των πυριτικών ήταν 4,89 μM , σχεδόν 3 φορές μεγαλύτερη από τη παρούσα έρευνα και εντοπίστηκε κοντά στον πυθμένα. Οι Pitta et al. (1999), εντόπισαν μια εντυπωσιακή αύξηση (117%) στα πυριτικά κατά τον μήνα Σεπτέμβριο στο βαθύ στρώμα νερού στην περιοχή της εκτροφής, η οποία πιθανώς σχετίζεται με την εκ νέου ανοργανοποίηση του διοξειδίου του πυριτίου που έχει εναποτεθεί σε όλη τη διάρκεια της εκτροφής στον πυθμένα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Οι τιμές της θερμοκρασίας εμφάνισαν τις αναμενόμενες εποχιακές διακυμάνσεις. Δεν παρατηρήθηκε το φαινόμενο του θερμοκλινούς το οποίο μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία της εκτροφής.
- Οι τιμές της αλατότητας δεν παρουσίασαν σημαντικές διακυμάνσεις στους 3 σταθμούς και οι τιμές τους κυμάνθηκαν: στον S1 από 37,91 – 38,39 psu , στον S2 από 38,20 – 38,66 psu και στον S3 από 38,35 – 38,64 psu.
- Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου κυμάνθηκαν από 3,93 – 6,34 ppm με την μικρότερη διαφορά να εμφανίζεται στον σταθμό S3 (5,00 – 6,23 ppm).
- Οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 7,90 – 8,07 και παρατηρήθηκε ότι ήταν εντός των επιτρεπτών ορίων (φυσιολογικά όρια: 6,5 – 9,0) για την ομαλή και φυσιολογική εκτροφή των ιχθύων.
- Η χλωροφύλλη α δε φαίνεται να επηρεάστηκε από τη λειτουργία της εκτροφής, λόγω του ολιγοτροφικού χαρακτήρα της περιοχής και της ταχείας αφομοίωσης των θρεπτικών από το περιβάλλον.
- Η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων έδειξε σημαντικές διαφορές για όλα τα θρεπτικά άλατα, εκτός από τα φωσφορικά.
- Οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών δεν φάνηκε να ξεπέρασαν τα επιτρεπτά όρια πέρα από τα οποία παρατηρείται το φαινόμενο του ευτροφισμού ή δημιουργούνται σοβαρές βλάβες στους εκτρεφόμενους οργανισμούς.
- Οι μέγιστες τιμές των θρεπτικών που καταγράφηκαν είναι μικρότερες από αυτές που έχουν παρατηρηθεί μέχρι σήμερα στον Παγασητικό κόλπο από άλλους ερευνητές.

- Οι επιπτώσεις της εκτροφής στη διαμόρφωση των θρεπτικών αλάτων στη στήλη του νερού φαίνεται να περιορίζονται σε μικρή απόσταση γύρω από την περιοχή της εκτροφής χωρίς να επηρεάζουν σημαντικά την ευρύτερη περιοχή, που είναι ο Παγασητικός κόλπος.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

6.1 Ελληνική

- Κλαουδάτος Κ., Κλαουδάτος Δ.** (2010) Κατασκευές Υδατοκαλλιεργητικών Συστημάτων Θαλάσσιες – Λιμνοθαλάσσιες – Χερσαίες. Παραπομπός, 232 σελ.
- Κολιού – Μήτσιου Α.** (1991) Αναγνώριση, εκτίμηση και αντιμετώπιση των πηγών ρύπανσης του Παγασητικού κόλπου. Πρακτικά 2^{ου} Συνεδρίου Περιβαλλοντικής Επιστήμης και Τεχνολογίας, σελ. 544-553.
- Κονίδης Α.** (1992) Επίδραση της αλατότητας στην ανάπτυξη των ιχθυδίων της τσιπούρας *Sparus aurata*, καλλιεργούμενων υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Διδακτορική Διατριβή, Παν/μιο Αθηνών.
- Μήτσιος Ι.Κ., Γάτσιος Φ.Α., Σαραντόπουλος Δ.Α.** (2000) Προσεγγίσεις στην εκτίμηση της ρύπανσης των ρεμάτων του Νομού Μαγνησίας από γεωργικές και άλλες δραστηριότητες. Πρακτικά 2^{ου} Εθνικού Συνεδρίου Γεωργικής Μηχανικής, σελ. 553-560.
- Νεοφύτου Χ., Νεοφύτου Ν.** (2017) Ιχθυολογία. 3^η Έκδοση, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 596 σελ.
- Περισοράτης Κ., Ζαχαράκης Π., Ανδρινόπουλος Α.** (1993) Ιζηματολογία των επιφανειακών ιζημάτων του Παγασητικού κόλπου και του διαύλου του Τρίκερι, Δ. Αιγαίο Πέλαγος. Τεχνική Έκθεση ΙΓΜΕ.
- ΣΕΘ** (2019) (Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών): Ελληνική Υδατοκαλλιέργεια 2019, 60 σελ.
- Χοχτούλας Ν.** (2008) Περιβάλλον και υδατοκαλλιέργειες. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 17.

6.2 Ξενόγλωσση

- Aksu M., Kocatas A.** (2007) Environmental effects of the three fish farms in Izmir Bay (Aegean Sea, Turkey) on water column and sediment. Rapport Commission International de la Mer Mediterranee, 38:414.
- Aksu M., Kaymakçi-Başaran A., Egemen Ö.** (2010) Long-term monitoring of the impact of a capture-based bluefin tuna aquaculture on water column nutrient levels in the Eastern Aegean Sea, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 171:681–688.
- Alabaster J.S., Loyd R.** (1980) Water quality criteria for freshwater fish. Butterworths

for FAO, London, 279 p.

Alzieu C. (1989) Water - the medium of culture. In: Aquaculture (Ed. G. Gilbert), Ellis Florwood Ltd., 2nd edition, 1:37-62.

APHA A., WPCF (1980) Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association.

Beveridge M., (1996) Cage aquaculture. Fishing News Books, 346 p.

Boyd C.E. (1981) Water quality in warmwater fish ponds. Agricultural Experiment Station, Auburn University, 359 p.

Brett J.R. (1979) Environmental factors and growth. In: Fish Physiology, 11:599-675.

Davenport J., Vahl O. (1979) Responses of the fish *Blennius pholis* to fluctuating salinities. Mar. Ecol.Prog. Ser., 1:101-107.

Edwards A., Edelsten D.J. (1976) Marine fish cages – the physical environment. Proc. Royal Soc. Edinburgh, 75:207-221.

Febry R., Lutz P. (1987) Energy partitioning in fish: activity related cost of osmoregulation in a euryhaline cichlid. J. exp. Biol., 128:63-85.

Fitridge I., Dempster T., Guenther J., Nys R. (2012) The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review. Biofouling, 28:649–69.

Foy R.H., Rossal R. (1991) Loading of nitrogen and phosphorus from a Northern Ireland fish farm. Aquaculture, 96: 17-30.

Friligos N. (1988) Nutrient enrichment and circulation of water masses in the Pagassitikos Gulf (Aegean Sea). Oceanol. Acta. In: Oceanographie pelagique mediterraneene, 111-122.

Gabrielides G.P., Theocharis A.C. (1978) Physical and chemical characteristics of Pagassitikos Gulf, Greece. Thalass., 2:135-154.

Holliday F.G.T. (1971) Salinity-Animals-Fishes. In: Fish Physiology. Academic Press: New York, p. 293-311.

Inone H. (1972) On water exchange in a net cage stocked with the fish hamachi. Bull. Jap. Soc. Fish., 38:167-176.

Karakassis I., Tsapakis M., Hatziyanni E., Pitta P. (2001) Diel variation of nutrients and chlorophyll in sea bream and sea bass cages in the Mediterranean. Fres. Env. Bull., 10:278-283.

Kelley D.F. (1988) The importance of estuaries for sea bass *Dicentrarchus labrax* (L.). J. Fish Biol., 33:25-33.

- Klaoudatos S.**, Conides A., Chatziefstathiou M. (1996) Environmental impact assessment studies in floating cage culture systems in Greece. «Partnership in Coastal Zone Management». (Eds. J. Taussik and J. Mitchell), Samara Publishing Ltd, Cardigan, 9:525-533.
- Klaoudatos S.D.** (2002) Environmental impact of aquaculture in Greece. Practical experiences. Cahier Options Mediterrannes «Environmental impact assessment of Mediterranean aquaculture farms», 55:109-127.
- Klaoudatos S.D.**, Klaoudatos D.S., Smith J., Bogdanos K., Papageorgiou E. (2006) Assessment of site specific benthic impact of floating cage farming in the eastern Hios island, Eastern Aegean Sea, Greece. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 338:96-111.
- La Rosa T.**, Mirto S., Favaloro E., Savona B., Sarà G., Danovaro R., Mazzola A. (2002) Impact on the water column biogeochemistry of a Mediterranean mussel and fish farm. Water Research, 36:713–721.
- Leatherland J.F.** (1970) Seasonal variation in the structure and ultra structure of the pituitary in the marine form (*Trachurus*) of the three spined stickleback, *Gasterosteus aculatus* L. I. Rostral pars distalis. Z. Zellforsch, mikrosk. Ant., 104:301-317.
- Mantzavrakos E.**, Kornaros M., Lyberatos G., Kaspiris P. (2007) Impacts of a marine fish farm in Argolikos Gulf (Greece) on the water column and the sediment. Desalination, 210:110–124.
- Matijevic S.**, Kuspilic G., Morovic M., Grbec B., Bogner D., Skejic S., Veza J. (2009) Physical and chemical properties of the water column and sediments at sea bass/sea bream farm in the middle Adriatic (Maslinova Bay). Acta Adriatica, 50:59-76.
- Mente E.**, Pierce G.J., Santos M.B., Neofitou C. (2006) Effect of feed and feeding in the culture of salmonids on the marine aquatic environment: a synthesis for European aquaculture. Aquacult. Int., 14:499-522.
- Neofitou N.**, Klaoudatos S. (2008) Effect of fish farming on the water column nutrient concentration in a semi-enclosed gulf of the Eastern Mediterranean. Aquaculture Research, 39:482–490.
- Neofitou N.**, Papadimitriou K., Domenikiotis C., Tziantziou L., Panagiotaki P. (2019) GIS in environmental monitoring and assessment of fish farming impacts on nutrients of Pagasitikos Gulf, Eastern Mediterranean. Aquaculture, 501: 62-75.
- Neofitou N.**, Vafidis D., Klaoudatos S. (2010) Spatial and temporal effects of fish farming on benthic community structure in a semi-enclosed gulf of the Eastern Mediterranean. Aquaculture Environmental Interactions, 1(2): 95-105.
- Parsons T.R.**, Maita Y., Lalli C.M. (1984) A manual of chemical and biological methods for sea water analysis. Pergamon, Oxford.
- Petihakis G.**, Triantafyllou G., Koliou A., Theodorou A. (2002) Exploring the dynamics of a marine ecosystem (Pagasitikos Gulf, Western Aegean, Greece) through the analysis of temporal and spatial variability of nutrients. Littoral, 22-

26, September, Porto, Portugal.

- Petihakis G.**, Triantafyllou G., Pollani A., Koliou A., Theodorou A. (2005) Field data analysis and application of a complex water column biogeochemical model in different areas of a semi-enclosed basin: Towards the development of an ecosystem management tool. *Marine Environmental Research*, 59:493–518.
- Petit J.** (1989) Water supply treatment and recycling in aquaculture. In: *Aquaculture*, (Ed. G. Gilbert), Ellis Horwood Ltd., 2nd Edition, 2:63-196.
- Pitta P.**, Karakassis I., Tsapakis M., Zivanovic S. (1999) Natural vs. mariculture induced variability in nutrients and plankton in the eastern Mediterranean. *Hydrobiol.*, 391:181-194.
- Pitta P.**, Apostolaki E.T., Giannoulaki M., Karakassis I. (2005) Mesoscale changes in the water column in response to fish farming zones in three coastal areas in the Eastern Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65:501–512.
- Poxton M.G.**, Allouse S.B. (1982) Water quality criteria for marine fisheries. *Aquaculture Engineering*, 1:153-191.
- Sawyer C.N.** (1966) Basic concepts of Eutrophication. *J. Wat. Pollut. Cont. Fed.*, 38: 737-744.
- Schembri P.J.**, Baldacchino A.E., Mallia A., Schembri T., Sant M.J., Stevens D.T., Vella S.J. (2002) Living resources, fisheries and agriculture, 162-346.
- Shepherd J.**, Bromage N. (1988) *Intensive fish farming*. BSP Professional Books: Oxford.
- Strickland J.D.H.**, Parsons T.R. (1972) *A practical handbook of seawater analysis*. Fisheries Research Board of Canada, 311 p.
- US EPA 440/86** (1986) *Quality criteria for water 1986*. United States Environmental Protection Agency, Office of Water Regulations and Standards Washington, DC 20460, 477.

ABSTRACT

The aim of the study was to investigate the environmental impact of a floating cage fish farm on the physicochemical characteristics and nutrients of the water column in Pagasitikos Gulf.

Samples were taken from Milina of Pagasitikos gulf, where the fish farm "Aquatic Aquaculture E.P.E" is operating. One sampling was performed in March of 2019 at 3 sampling stations. S1 and S2 were the farm stations and S3 was the control. At each sampling station physicochemical and biological characteristics of the water column (temperature, salinity, dissolved oxygen, pH and chlorophyll α) were measured by means of a CTD. Water samples were taken from various depths (0, 5 and every 10 m to the seabed) by means of a water sampler (Lymnos 1.4 l) in order to analyze the nutrients (ammonium, nitrites, nitrates, phosphates and silicates).

The results of the study showed that all physicochemical and biological characteristics at the sampling stations exhibited the expected seasonal variation. The nutrients displayed an increase in their concentrations at the farm stations (S1 and S2), mainly at the surface layers of the water column. Statistical analysis (one-way ANOVA), showed significant differences among sampling stations for all studied nutrients ($P < 0.05$) except for phosphates. Nutrient concentrations did not exceed eutrophication levels or in anyway affected the welfare of the cultured organisms.

Keywords: *Fish farming, environmental impacts, nutrients, eutrophication, Pagasitikos Gulf*