

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΣΥΜΒΑΣΗ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

**«ΕΛΕΓΧΟΣ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ
ΣΤΟΝ ΟΡΜΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ»**

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ 2015-2016

ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

ΦΟΡΕΑΣ ΑΝΑΘΕΣΗΣ: ΔΗΜΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΔΡΑΣΕΩΝ



ΦΟΡΕΑΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ: ΜΟΥΣΕΙΟ ΓΟΥΛΑΝΔΡΗ ΦΥΣΙΚΗΣ ΙΣΤΟΡΙΑΣ
ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΒΙΟΤΟΠΩΝ - ΥΓΡΟΤΟΠΩΝ



ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2017

1. Εισαγωγή	3
2. Περιοχή μελέτης.....	4
3. Μέθοδος	7
3.1. Σταθμοί δειγματοληψίας.....	7
3.2. Δειγματοληψίες	8
3.3. Παράμετροι παρακολούθησης	8
3.3.1. Μετρήσεις στο πεδίο	8
3.3.2. Μετρήσεις στο εργαστήριο.....	9
4. Αποτελέσματα-Συζήτηση	10
4.1. Διαφάνεια στους πελαγικούς σταθμού (SP1-SP5)	10
4.2. Φυτικοχημικές παράμετροι στους παράκτιους σταθμούς (LP1-LP5)	12
4.3. Φυτικοχημικές παράμετροι στους πελαγικούς σταθμούς (SP1-SP5).....	16
4.3.1. Θερμοκρασία	16
4.3.2. Αγωγιμότητα	18
4.3.3. pH.....	23
4.3.4. Κορεσμός σε διαλυμένο οξυγόνο (%)	25
4.3.5. Θρεπτικά ιόντα	28
4.4. Βιολογικές παράμετροι στους πελαγικούς σταθμούς (SP1-SP5).....	34
4.4.1. Χλωροφύλλη α.....	34
4.5. Φυτοπλαγκτό	37
5. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα	40
6. Βιβλιογραφία	42

1. Εισαγωγή

Το παρόν αποτελεί αναφορά αποτελεσμάτων των δειγματοληψιών και εργασιών που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της Προγραμματικής Σύμβασης με Αρ. 101935/18.12.2015, η οποία αφορά στη συνεργασία μεταξύ του Τμήματος Περιβαλλοντικών Δράσεων του Δήμου Θεσσαλονίκης και του Μουσείου Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας / Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων - Υγροτόπων (ΕΚΒΥ) για την υλοποίηση του Έργου «Έλεγχος και Παρακολούθηση της ποιότητας της θάλασσας στον Όρμο της Θεσσαλονίκης» (περίοδος Ιανουάριος – Δεκέμβριος 2016).

Τόσο η Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα¹ όσο και η Οδηγία για τη Θαλάσσια Στρατηγική² επιβάλλουν την παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων στην επικράτεια κάθε κράτους μέλους ώστε τα αποτελέσματα να χρησιμοποιούνται στη λήψη μέτρων και εν γένει αποφάσεων για τη διαχείριση, προστασία, διατήρηση ή αποκατάσταση των υδάτινων πόρων. Και οι δύο Οδηγίες εισάγουν ριζικές αλλαγές στον έως τότε τρόπο παρακολούθησης της κατάστασης των υδάτων καθώς ιεραρχούν πρώτα τα βιολογικά ποιοτικά στοιχεία (π.χ. φυτοπλαγκτό, μακροφύκη και αγγειόσπερμα, ζωοβένθος, ψάρια κ.λπ) και προτάσσουν τις παραμέτρους ποιοτικής περιγραφής (διατήρηση της βιοποικιλότητας, ελαχιστοποίηση ανθρωπογενούς ευτροφισμού κτλ) αντίστοιχα, για την αξιολόγηση / ταξινόμηση της κατάστασης των υδάτων. Σε αυτό το πλαίσιο, οι φυσικοχημικές και υδρομορφολογικές παράμετροι χρησιμοποιούνται ως υποστηρικτικές για την τεκμηρίωση των αποτελεσμάτων στα οποία καταλήγει η μέτρηση των βιολογικών / περιβαλλοντικών παραμέτρων. Η εφαρμογή των δύο Οδηγιών πραγματοποιείται σε ολόκληρη την ελληνική επικράτεια, σε συγκεκριμένους σταθμούς δειγματοληψίας και με συγκεκριμένες συχνότητες παρακολούθησης. Σε κάποιες περιπτώσεις, όπως είναι τα ιδιαίτερα επιβαρυνόμενα συστήματα, η συχνή και διαρκής παρακολούθηση της ποιότητας των υδάτων θεωρείται απαραίτητη για τη λήψη μέτρων και αποφάσεων σε τοπικό επίπεδο.

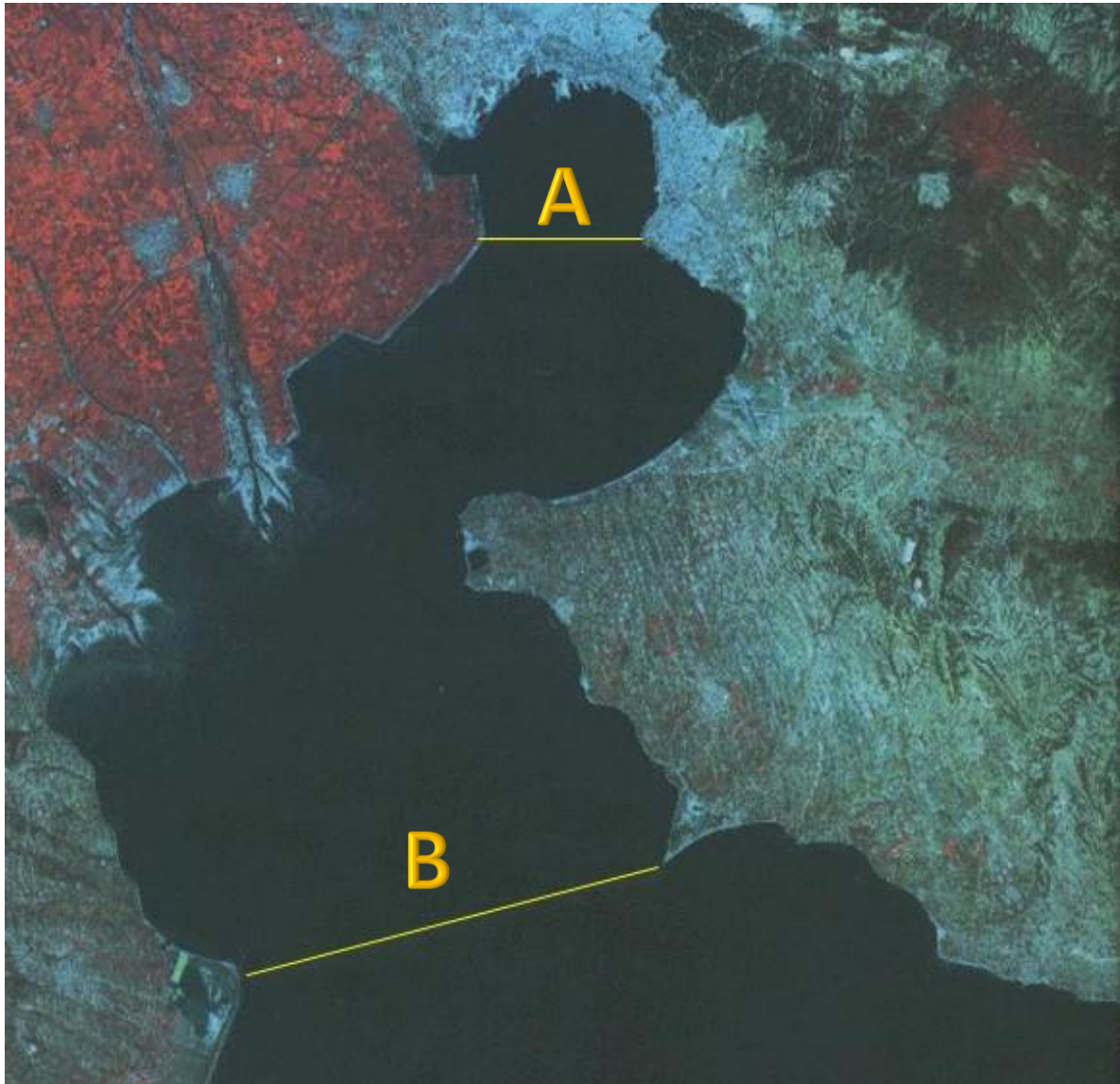
Σε απόκριση της ανωτέρω ανάγκης, το Έργο «Έλεγχος και Παρακολούθηση της ποιότητας της θάλασσας στον Όρμο της Θεσσαλονίκης» στοχεύει στη διασφάλιση της διαχρονικής παρακολούθησης της ποιότητας των υδάτων του Όρμου της Θεσσαλονίκης, με τη δημιουργία και διατήρηση βάσης δεδομένων φυσικοχημικών παραμέτρων και δεικτών ποιότητας θαλασσινού νερού (περιλαμβανομένων των δεικτών ευτροφισμού) ώστε να προτείνονται, από τον Δήμο Θεσσαλονίκης σε συνεργασία με τους αρμόδιους φορείς, μέτρα για τη βελτίωση της κατάστασης της αστικής θαλάσσιας περιοχής. Η βάση δεδομένων είναι διαθέσιμη προς κάθε φορέα που διενεργεί μελέτες ή έρευνα στην περιοχή. Περαιτέρω, το Έργο έχει στόχο τη συνεργασία, τη μεταφορά τεχνογνωσίας και την εκπαίδευση των στελεχών του Τμήματος Περιβαλλοντικών Δράσεων του Δήμου Θεσσαλονίκης ώστε το εργαστήριο που βρίσκεται στην αρμοδιότητα του Τμήματος να λειτουργεί αξιόπιστα και αποτελεσματικά.

¹ Η Οδηγία Πλαίσιο για τα Ύδατα (Οδηγία 2000/60/ΕΕ) έχει στόχο την επίτευξη της καλής οικολογικής κατάστασης όλων των επιφανειακών υδάτων (παράκτιων, μεταβατικών, λιμνών, ποταμών) των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης έως το έτος 2015.

² Η Οδηγία για τη Θαλάσσια Στρατηγική (Οδηγία 2008/56/ΕΚ) έχει στόχο τη διατήρηση και αποκατάσταση της καλής περιβαλλοντικής κατάστασης του θαλάσσιου περιβάλλοντος των κρατών μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης έως το έτος 2020.

2. Περιοχή μελέτης

Ο Όρμος της Θεσσαλονίκης, σύμφωνα με χάρτες της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Πολεμικού Ναυτικού, ορίζεται από τη νοητή γραμμή που ενώνει το ακρωτήριο της Παλιομάνας στα δυτικά, με το ακρωτήριο Μικρό Έμβολο ανατολικά (Εικ. 1, όριο Α) και αποτελεί ουσιαστικά το τμήμα εσωτερικά του Θερμαϊκού Κόλπου, ο οποίος έχει ως βόρειο όριο την ανωτέρω νοητή γραμμή και ως νότιο όριο τη νοητή γραμμή από το ακρωτήριο Βαρδάρης (εκβολές του ποταμού Αξιού στα δυτικά) έως το ακρωτήριο Μεγάλο Έμβολο, ανατολικά.



Εικόνα 1. Θερμαϊκός Κόλπος. Α: όριο Όρμου Θεσσαλονίκης, Β: όριο Θερμαϊκού Κόλπου. Με κόκκινο χρώμα σημειώνονται οι καλλιεργούμενες εκτάσεις.

Πηγή: NASA 2003

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 48392/939/2002 (ΦΕΚ 405Β/3-4-2002), η οποία συμπλήρωσε την ΚΥΑ 19661/1982/1999, όχι μόνο ο Όρμος Θεσσαλονίκης (Α) αλλά ολόκληρος ο Θερμαϊκός Κόλπος (Β) προσδιορίζονται ως ευαίσθητες περιοχές από απορρίψεις αστικών λυμάτων.

Στο θαλάσσιο τμήμα της παράκτιας ζώνης του Θερμαϊκού οι επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων αφορούν κυρίως τη ρύπανση, τον ευτροφισμό και τη φυσική διαταραχή (Πιν. 1). Τα φαινόμενα αυτά συνδέονται με τις μεταβολές των φορτίων των θρεπτικών ουσιών, των ρύπων και των αιωρούμενων στερεών.

Πίνακας 1. Σχέση μεταξύ ανθρώπινων δραστηριοτήτων και επιπτώσεων στην παράκτια ζώνη.

Δραστηριότητες	Παράγοντες	Επιπτώσεις
Αστικοποίηση Μετακινήσεις	Αλλαγές χρήσης γης, οδική, σιδηροδρομική και αεροπορική κυκλοφοριακή συμφόρηση, εκβάθυνση και απόρριψη ιζήματος λιμένων, κηλίδες στη θάλασσα, απόρριψη λυμάτων και απορριμμάτων	Ευτροφισμός, μείωση κάλυψης τύπων οικοτόπων και βιοποικιλότητας, οπτική ρύπανση, μείωση και υφαλμύρωση του υδροφόρου ορίζοντα, ρύπανση νερού, κίνδυνος ασθενειών
Γεωργικές δραστηριότητες	Ανάκτηση γης, χρήση λιπασμάτων και ζιζανιοκτόνων, αύξηση κοπαδιών, αφαίρεση νερού, απόρριψη λυμάτων και απορριμμάτων	Ευτροφισμός, μείωση κάλυψης τύπων οικοτόπων και βιοποικιλότητας, ρύπανση νερού, μείωση ποσότητας εσωτερικών υδάτων στην παράκτια ζώνη
Τουρισμός Αναψυχή	Αλλαγές χρήσης γης, οδική, σιδηροδρομική και αεροπορική κυκλοφοριακή συμφόρηση, λιμενοβραχίονες, αφαίρεση νερού, λύματα και απορρίμματα	Ευτροφισμός, οπτική ρύπανση, μείωση του υδροφόρου ορίζοντα, είσοδος αλμυρού νερού στους αποθέματα νερού, ρύπανση νερού, κίνδυνος ασθενειών, μείωση κάλυψης τύπων οικοτόπων και βιοποικιλότητας
Υδατοκαλλιέργειες	Κατασκευή λιμένων, επεξεργασία ιχθύων, αλιευτικός εξοπλισμός, απόβλητα ιχθυοκαλλιεργειών	Υπεραλίευση, επίδραση σε μη αλιεύόμενα είδη, ρύποι και κηλίδες πετρελαίων στις ακτές, ανάδευση ιζήματος, ρύπανση νερού, ευτροφισμός
Βιομηχανία Μετατροπή ενέργειας	Αλλαγές χρήσης γης, σταθμοί ενέργειας, εκμετάλλευση φυσικών πόρων, επεξεργασία αποβλήτων, νερό ψύξης, ανεμόμυλοι, αποξήρανση ποταμών, αντιπαλιρροιακά εμπόδια	Ρύπανση νερού, μείωση εισόδου γλυκού νερού και ιζήματος στην παράκτια ζώνη, θερμική ρύπανση, ευτροφισμός, οπτική ρύπανση, απώλεια τύπων οικοτόπων και βιοποικιλότητας, διάβρωση παράκτιας ζώνης

Τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα του πολεοδομικού ιστού της Θεσσαλονίκης και οι απορροές των γεωργικών εκτάσεων στις λεκάνες απορροής των ποταμών συνυπάρχουν με τις οικονομικές δραστηριότητες αναψυχής και αλιείας στον Θερμαϊκό κόλπο. Τα ανωτέρω έχουν άμεση επίδραση στην τροφική κατάσταση του θαλάσσιου οικοσυστήματος, η οποία επιδεινώνεται από τα φυσικά γνωρίσματα του κόλπου (μικρό άνοιγμα, μικρό βάθος, κίνηση του νερού κ.λπ.).

Η Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων Θεσσαλονίκης (ΕΕΛΘ) άρχισε να λειτουργεί το έτος 1992 (www.eyath.gr). Για το αποχετευτικό σύστημα της πόλης και τη λειτουργία του, η Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων Ύδρευσης Αποχέτευσης Θεσσαλονίκης (ΕΥΔΕ) αναφέρει (www.eydeael.gr) ότι «το έτος 2000, μετά την ολοκλήρωση των βασικών έργων της βιολογικής βαθμίδας και του αγωγού διάθεσης, ξεκίνησε η δοκιμαστική λειτουργία της νέας εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων. Από τα μέσα του 2000 άρχισαν σταδιακά να παραλαμβάνονται όλα τα συνδεδεμένα με τον Κεντρικό Αποχετευτικό Αγωγό (ΚΑΑ) δίκτυα αστικών λυμάτων και από τις αρχές του 2001 οδηγούνται για επεξεργασία περίπου 160.000 κυβικά μέτρα αστικών λυμάτων του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης ημερησίως, ενώ είχε εκτιμηθεί ότι θα αυξηθούν στα 200.000 κυβικά μέτρα ημερησίως, με προσθήκη βιομηχανικών αποβλήτων από τη Βιομηχανική Περιοχή Θεσσαλονίκης στη Σίνδο, υπό προϋποθέσεις συμβατότητας».

Η ευρύτερη περιοχή του Πολεοδομικού Συγκροτήματος Θεσσαλονίκης αποχετεύεται με αγωγούς ομβρίων και ακαθάρτων. Οι αγωγοί ομβρίων καταλήγουν με φυσική ροή στη θάλασσα, ενώ οι αγωγοί ακαθάρτων, μέσω του Κεντρικού Αποχετευτικού Αγωγού (ΚΑΑ), καταλήγουν στη θαλάσσια περιοχή του Γαλλικού, αφού διοχετευθούν μέσα από βιολογικό καθαρισμό στις Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων Θεσσαλονίκης (ΕΕΛΘ), στη Σίνδο.

Το αποχετευτικό δίκτυο της Θεσσαλονίκης είναι χωριστικό, εκτός του κέντρου της, όπου το δίκτυο είναι παντοροϊκό.

Η εταιρεία λειτουργεί την Ε.Ε.Λ.Θ., η οποία βρίσκεται στη Σίνδο και δέχεται καθημερινά περί τις 150.000 - 160.000 m³/d λυμάτων, ενώ οι δυνατότητές της φτάνουν τις 296.000 m³/d.

Η ΕΥΑΘ Α.Ε. μεριμνά ώστε τα επεξεργασμένα λύματα να διοχετεύονται στον ευαίσθητο αποδέκτη, το Θερμαϊκό, σύμφωνα με τους ισχύοντες περιβαλλοντικούς όρους. Η συλλογή των αστικών λυμάτων από το σύνολο (98%) της περιοχής δικαιοδοσίας της και η επεξεργασία τους σε βαθμό 92%-96% σε τιμές οργανικού φορτίου, 365 μέρες το χρόνο και 24 ώρες το 24ωρο, αποτελούν κυρίαρχο στόχο της εταιρείας. Τα καθαρισμένα απόβλητα διατίθενται κατόπιν στον κεντρικό κόλπο αποφορτίζοντας τον όρμο της Θεσσαλονίκης.

Παράλληλα, εφαρμόζεται σε ερευνητικό επίπεδο η επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων λυμάτων στην άρδευση κι ο εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα με περαιτέρω επεξεργασμένα λύματα μετά τη βιολογική τους επεξεργασία.

3. Μέθοδος

3.1. Σταθμοί δειγματοληψίας

Ως περιοχή μελέτης / παρακολούθησης ορίζεται ο Όρμος της Θεσσαλονίκης (από τις παλιές εκβολές του Αξιού, Παλιομάννα, έως το Μικρό Έμβολο - Καραμπουρνάκι).

Η επιλογή των σταθμών δειγματοληψίας πραγματοποιήθηκε με τρόπο, ώστε να υπάρχει συνέχεια στις πρόσφατες μετρήσεις (κοινά σημεία με το πρόγραμμα Black Sea Basin 2007-2013), αλλά και από παλαιότερες μελέτες. Στόχος είναι η συνεχής καταγραφή των δεδομένων και η δημιουργία ικανής χρονοσειράς, ώστε να καθίσταται πιο πλήρης η μελέτη της εξέλιξης του οικοσυστήματος του Όρμου και των τάσεων του επιπέδου ευτροφισμού που το χαρακτηρίζουν. Τα σημεία των μετρήσεων είναι δέκα: τα πέντε είναι παράκτια σημεία (LP1-LP5) και τα υπόλοιπα πέντε πελαγικά στον Όρμο (SP1-SP5) (Εικ. 2).



Εικόνα 2. Η περιοχή μελέτης με το δίκτυο σημείων (παράκτια LP1-LP5 και πελαγικά SP1-SP5) μετρήσεων και δειγματοληψιών, για την παρακολούθηση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος του Όρμου της Θεσσαλονίκης.

Πηγή: Google Earth, 2016

3.2. Δειγματοληψίες

Οι δειγματοληψίες στα προκαθορισμένα σημεία μέτρησης υλοποιούνται από την επιστημονική ομάδα του ΕΚΒΥ σε συνεργασία με στελέχη του Τμήματος Περιβαλλοντικών Δράσεων. Τα δείγματα μεταφέρονται στο εργαστήριο του ΕΚΒΥ και στο εργαστήριο του Τμήματος Περιβαλλοντικών Δράσεων του Δήμου Θεσσαλονίκης. Πριν από κάθε εργασία πεδίου, συλλέγονται τα μετεωρολογικά δεδομένα της περιοχής.

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιούνται σε μηνιαία βάση. Συγκεκριμένα, ο στόχος είναι η χρονική απόσταση μεταξύ δύο δειγματοληψιών (επισκέψεων στο πεδίο) να είναι περί τις 30 ημέρες και όχι απλώς η κάλυψη των ημερολογιακών μηνών.

Η συλλογή των δειγμάτων από όλους τους πελαγικούς σταθμούς (SP) πραγματοποιείται την ίδια μέρα. Η συλλογή των δειγμάτων από τους παράκτιους σταθμούς (LP) πραγματοποιείται συνήθως με διαφορά μίας έως δύο ημερών από τη δειγματοληψία των πελαγικών σταθμών, ώστε να περιορίζεται το στοιχείο της μεταβολής των επικρατούντων συνθηκών που είναι δυνατόν να επηρεάζουν κάποιες παραμέτρους π.χ. διαφάνεια στήλης νερού, κυματισμό κ.λπ.

3.3. Παράμετροι παρακολούθησης

3.3.1. Μετρήσεις στο πεδίο

Κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών πραγματοποιούνται τα ακόλουθα:

- Προσδιορισμός εύφωτης ζώνης με τον δίσκο του Secchi και μέγιστου βάθους σημείου δειγματοληψίας.
- Μέτρηση, με τη χρήση πολυπαραμετρικού οργάνου (Aquaread Aquameter AM-200), θερμοκρασίας του νερού, αλατότητας, αγωγιμότητας, pH, συγκέντρωσης (mg/L) και κορεσμού (%) διαλυμένου οξυγόνου σε ολόκληρη τη στήλη του νερού (ανά μέτρο). Από τον Ιούλιο έως το τέλος του έτους, λόγω βλάβης του πολυπαραμετρικού οργάνου, μετρήθηκαν ανά μέτρο μόνο ο κορεσμός και η συγκέντρωση του οξυγόνου. Οι υπόλοιπες παράμετροι μετρήθηκαν στην επιφάνεια (1,5-2 m).
- Μέτρηση, με τη χρήση αυτογραφικού οργάνου CTD (Conductivity Temperature Depth), της θερμοκρασίας, αλατότητας, αγωγιμότητας και του βάθους σε ολόκληρη τη στήλη του νερού.
- Συλλογή ενιαίου δείγματος νερού (integrated sample) για τη μέτρηση χλωροφύλλης α και θρεπτικών ιόντων. Το δείγμα προέρχεται από ολόκληρη την εύφωτη ζώνη με αυτόματο δειγματολήπτη Hydrobios. Στους σταθμούς SP2 και SP3 όπου το βάθος είναι πολύ μικρό (<3m) λαμβάνονται αναμειγμένα δείγματα από την εύφωτη ζώνη.
- Από κάθε πελαγικό σημείο συλλέγεται από την εύφωτη ζώνη ένα ενιαίο δείγμα νερού (ποσοτικό δείγμα – συντήρηση με Lugol) και ένα συμπυκνωμένο δείγμα με τη χρήση διχτιού (ποιοτικό δείγμα – συντήρηση με φορμόλη) για τον προσδιορισμό φυτοπλαγκτικών οργανισμών σε επίπεδο γένους και τη μέτρηση της αφθονίας, στο εργαστήριο.

Η απουσία όποιων μετρήσεων οφείλεται σε βλάβη και χρόνο επιδιόρθωσης των οργάνων.

3.3.2. Μετρήσεις στο εργαστήριο

Για την εκτίμηση της τροφικής κατάστασης της θαλάσσιας περιοχής και την ποιότητα του νερού σε κάθε σταθμό προσδιορίζονται οι ακόλουθες παράμετροι:

- 1) Τα ιόντα αζώτου νιτρώδη (NO_2^-), νιτρικά (NO_3^-) και αμμωνιακά (NH_4^+), τα ορθοφωσφορικά ιόντα (PO_4^{+3}) και τα πυριτικά ιόντα (SiO_4^{-3}).
- 2) Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α.
- 3) Η σύνθεση και η αφθονία των φυτοπλαγκτικών οργανισμών.

Τα δείγματα του νερού διηθούνται με ηθμό GF/F και ο ποσοτικός προσδιορισμός των ιόντων πραγματοποιείται με αναλυτικές μεθόδους σύμφωνα με τους Strickland & Parsons (1967) και Liddicoat *et al.* (1975 & 1976) (αμμωνιακό άζωτο).

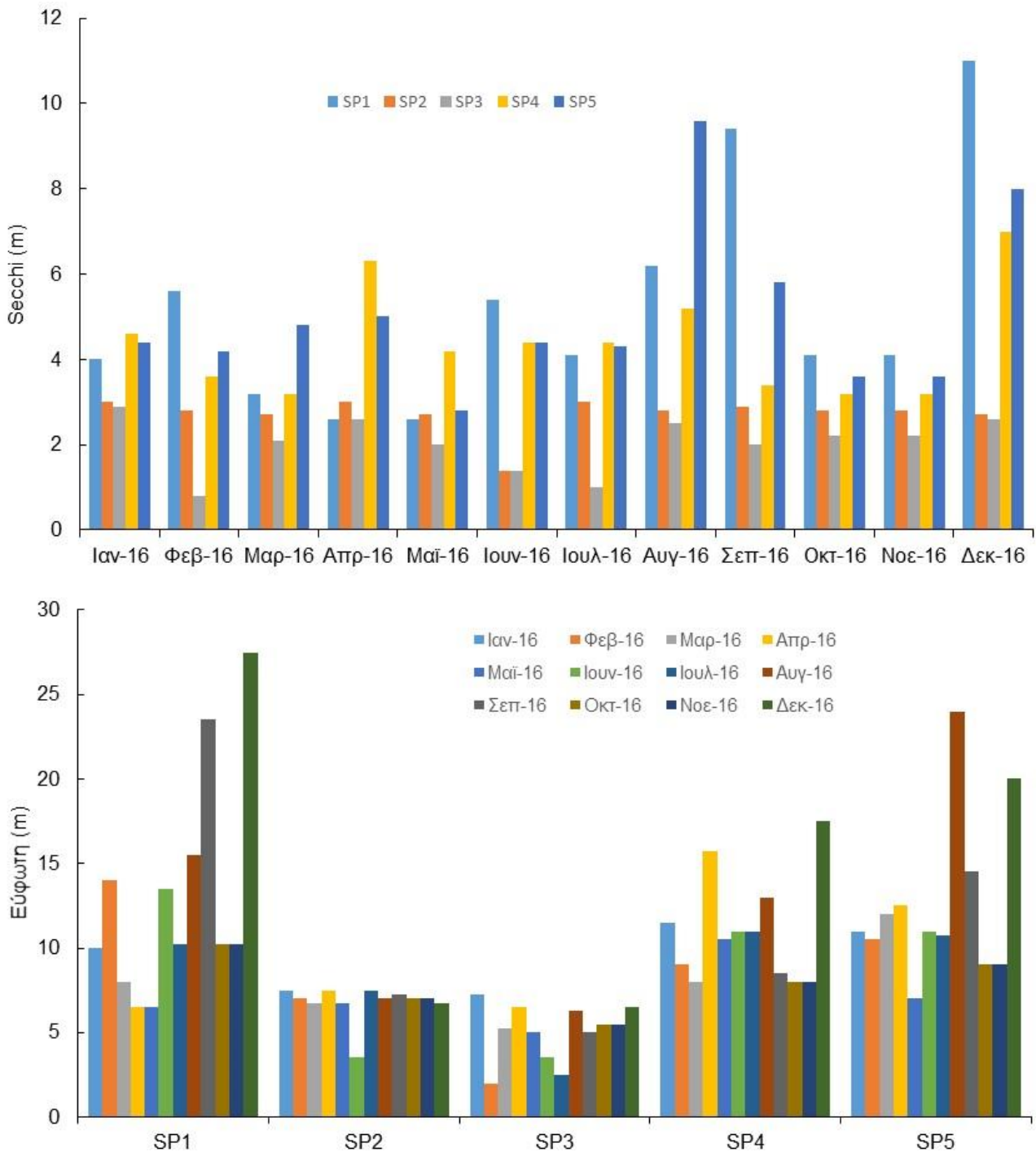
Ο προσδιορισμός της χλωροφύλλης α πραγματοποιείται με εκχύλιση από τους ηθμούς σε διάλυμα 90% ακετόνης με κορεσμένο διάλυμα MgCO_3 (1% w/v) για 18-24 ώρες και χρήση τριχρωματικής εξίσωσης (Jeffrey & Humphrey 1975, HMSO 1980). Η χλωροφύλλη α στους παράκτιους σταθμούς προσδιορίζεται με φθορισμόμετρο τύπου Turner Trilogy, σύμφωνα με τη μέθοδο Holm-Hansen *et al.* (1965) (απευθείας μέτρηση μονάδων φθορισμού και μέτρηση συγκέντρωσης, μετά από εκχύλιση σε διάλυμα 90% ακετόνης).

Η σύνθεση και η αφθονία του φυτοπλαγκτού προσδιορίστηκε σε ανάστροφο μικροσκόπιο με τη μέθοδο Utermöhl (IOC-UNESCO 2010).

4. Αποτελέσματα-Συζήτηση

4.1. Διαφάνεια στους πελαγικούς σταθμούς (SP1-SP5)

Η μέτρηση του βάθους του δίσκου Secchi χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του βάθους της εύφωτης ζώνης δηλαδή το άνω στρώμα του νερού όπου απαντά το μέγιστο της αυτότροφης βιομάζας.



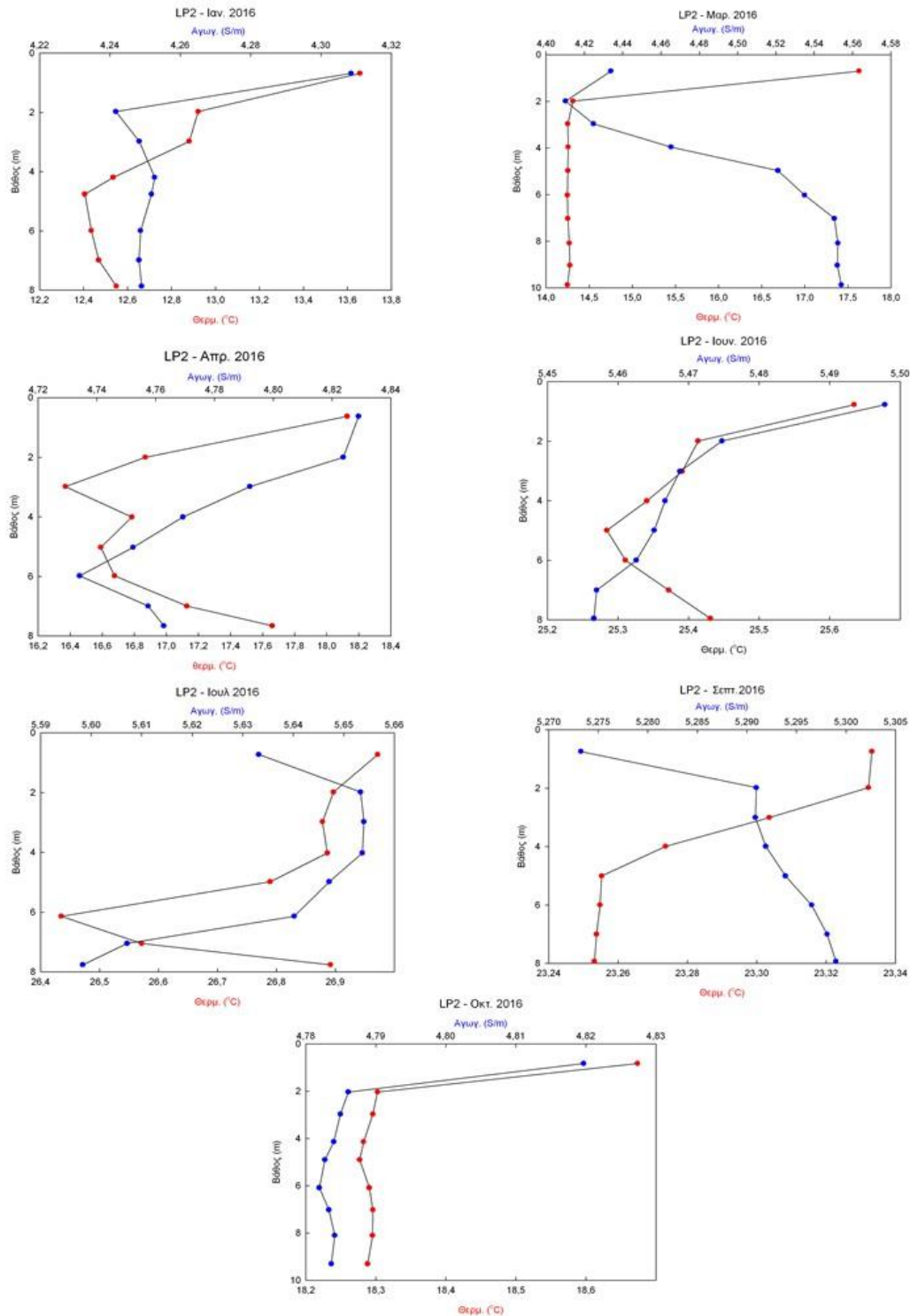
Εικόνα 3. Μεταβολή της διαφάνειας της στήλης του νερού στους πελαγικούς σταθμούς (δίσκος Secchi) και του βάθους της εύφωτης ζώνης.

Η διαφάνεια παρουσίασε μέγιστες τιμές στους τέσσερις -εκτός από τον SP2- πελαγικούς σταθμούς προς το τέλος της θερμής περιόδου (Αύγουστος - Σεπτέμβριος 2016) (Εικ. 3). Επίσης, στους σταθμούς με το μεγαλύτερο μέγιστο βάθος (SP1, SP4 και SP5) μετρήθηκε υψηλή τιμή διαφάνειας τον Δεκέμβριο 2016. Οι σταθμοί SP2 και SP3 (σταθμοί με το μικρότερο μέγιστο βάθος, 2-3 m) βρίσκονται πολύ κοντά σε εισόδους άναλου νερού (αντλιοστάσιο Παλιομάνας και Γαλλικός), ωστόσο, λόγω του μικρού βάθους τους τις περισσότερες φορές η διαφάνεια του δίσκου Secchi διέφερε ελάχιστα από το μέγιστο βάθος. Έτσι, μόνο τον Ιούνιο και τον Ιούλιο 2016 στους δύο σταθμούς παρατηρήθηκε αξιοσημείωτη μείωση στη διαφάνεια (σχεδόν στο ήμισυ του μέγιστου βάθους) σε σχέση με το υπόλοιπο έτος. Στον σταθμό SP3 παρατηρήθηκε έντονη μείωση της διαφάνειας και τον Φεβρουάριο 2016.

4.2. Φυσικοχημικές παράμετροι στους παράκτιους σταθμούς (LP1-LP5)

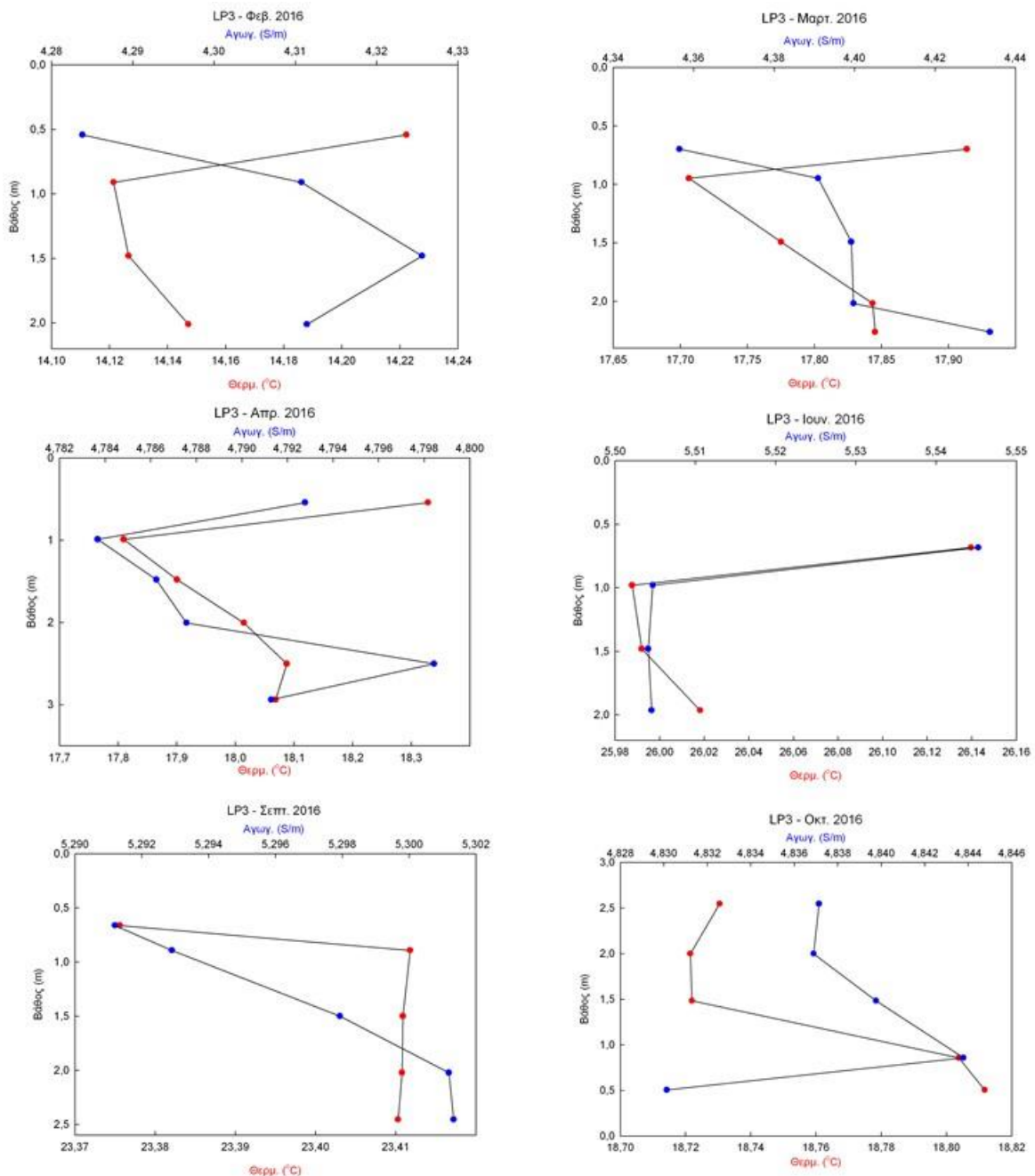
Οι μετρήσεις του Τμήματος Περιβαλλοντικών Δράσεων του Δήμου Θεσσαλονίκης στους παράκτιους σταθμούς αφορούν τη θερμοκρασία, την αγωγιμότητα (και τη χλωροφύλλη α).

Στον βαθύτερο παράκτιο σταθμό LP2 (Λιμάνι, βάθος ~10 m), η θερμοκρασία κι η αγωγιμότητα παρουσίασαν παρόμοια κατακόρυφη κατανομή εκτός από τον Σεπτέμβριο (Εικ. 4).



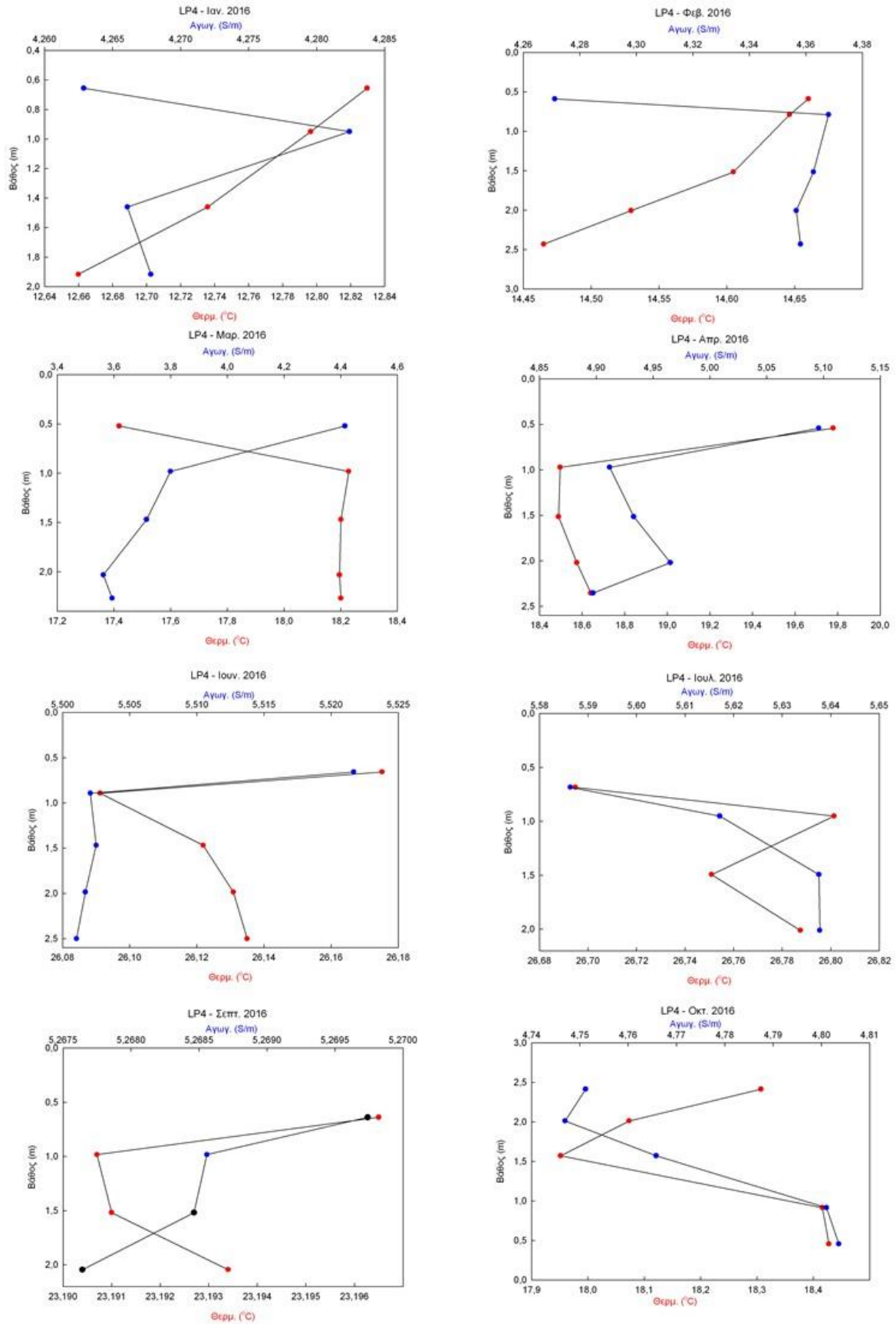
Εικόνα 4. Κατακόρυφη κατανομή της αγωγιμότητας και της θερμοκρασίας στο λιμάνι (LP2).

Στον σταθμό της περιοχής του Λευκού Πύργου LP3 (βάθος ~3 m) η θερμοκρασία και η αγωγιμότητα παρουσίασαν αντίθετη κατακόρυφη κατανομή τον Φεβρουάριο ενώ τους υπόλοιπους μήνες η γενική εικόνα της μεταβολής τους ήταν παρόμοια.

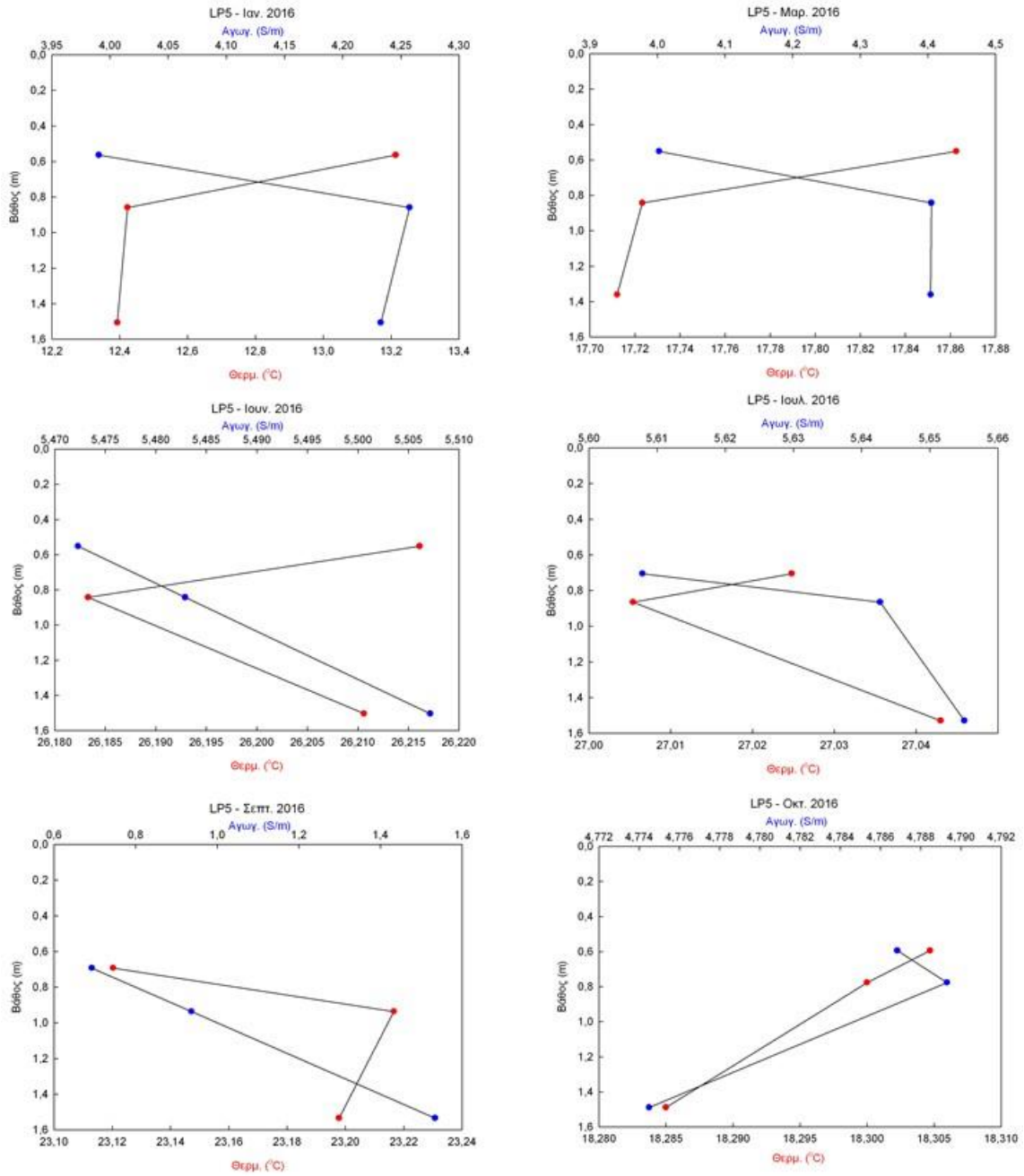


Εικόνα 5. Κατακόρυφη κατανομή της αγωγιμότητας και της θερμοκρασίας στον Λευκό Πύργο (LP3).

Αν και οι δύο σταθμοί της νοτιο-ανατολικής περιοχής LP4 (Μέγαρο Μουσικής, βάθος ~3 m) και LP5 (Κελλάριος όρμος, βάθος ~3 m) βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους, η θερμοκρασία και η αγωγιμότητα σε αυτούς παρουσίασαν έντονες διαφορές αναφορικά με τη χρονική κατανομή τους (Εικ. 6 και 7). Πιθανώς αυτό να οφείλεται στη διαφορετική μικρο-τοπογραφία τους. Η παραλία πίσω από το Μέγαρο Μουσικής είναι απολύτως διαμορφωμένη σε αντίθεση με την ακτή στον Κελλάριο όρμο που έχει διατηρήσει σε μεγάλο βαθμό τη φυσική της μορφολογία.



Εικόνα 6. Κατακόρυφη κατανομή της αγωγιμότητας και της θερμοκρασίας στο Μέγαρο Μουσικής (LP4).

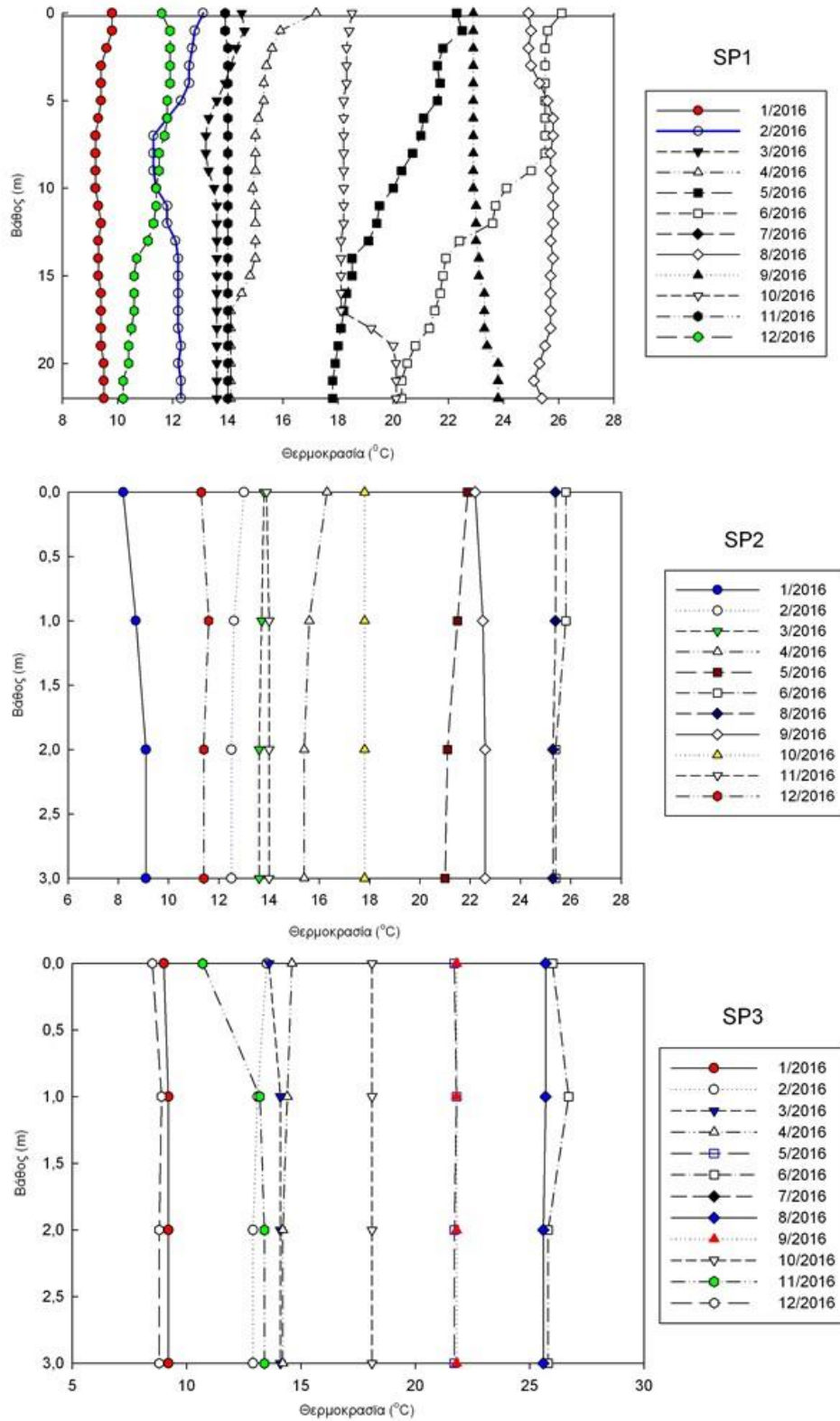


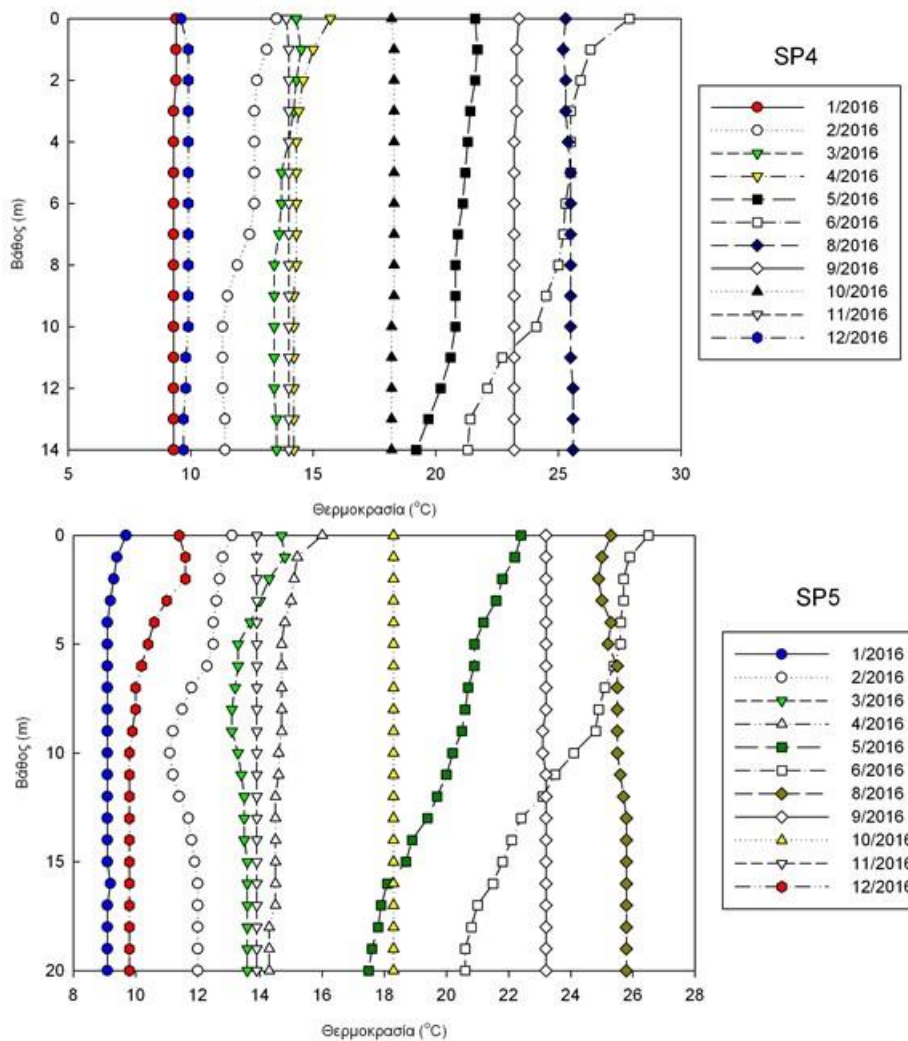
Εικόνα 7. Κατακόρυφη κατανομή της αγωγιμότητας και της θερμοκρασίας στην οδό Θ. Σοφούλη (LP5).

4.3. Φυσικοχημικές παράμετροι στους πελαγικούς σταθμούς (SP1-SP5)

4.3.1. Θερμοκρασία

Η κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας στους πελαγικούς σταθμούς για το 2016 φαίνεται στην Εικόνα 8.



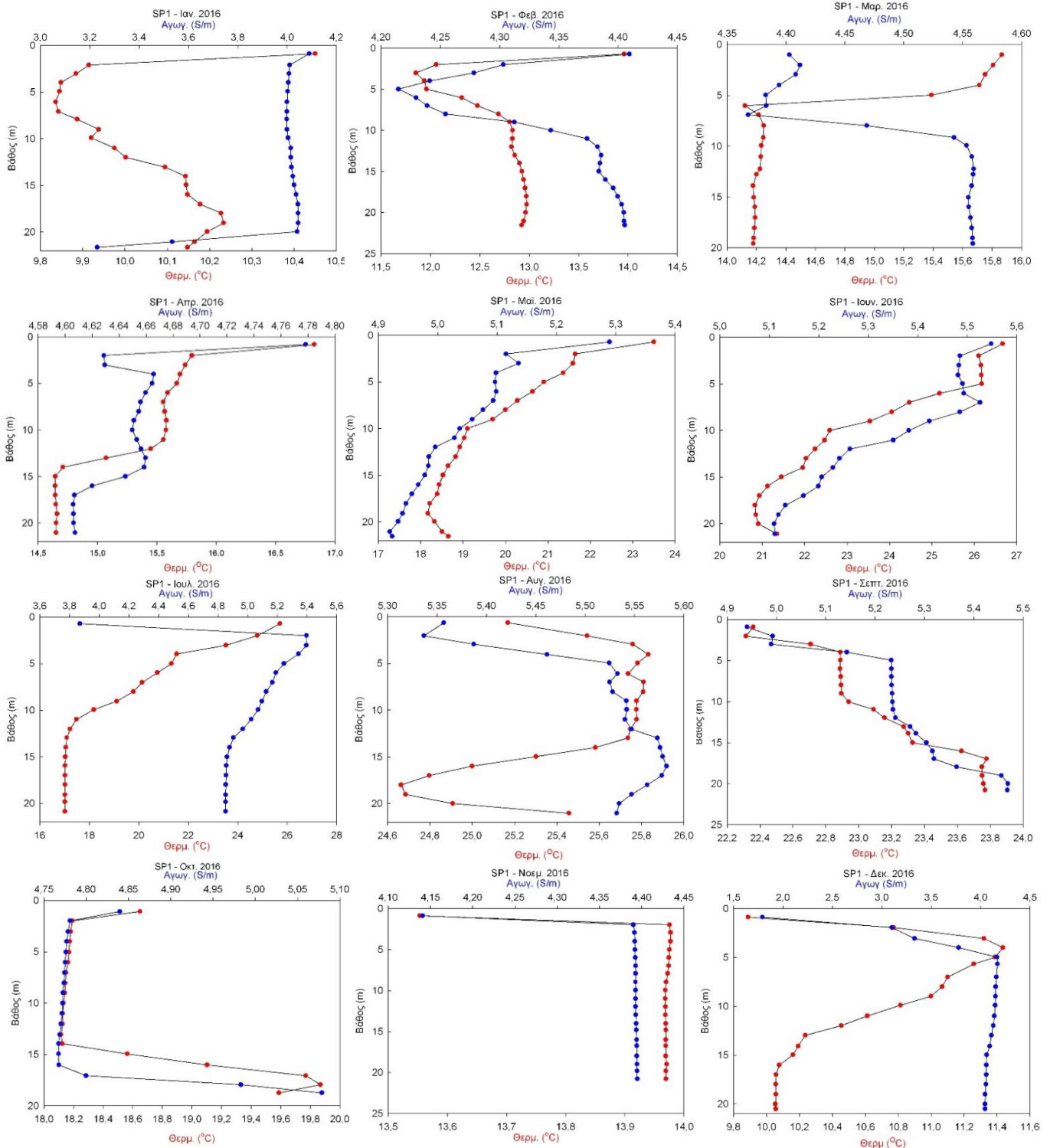


Εικόνα 8. Κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας του νερού στους σταθμούς SP1-SP5 για το 2016 (τον Ιούνιο δεν πραγματοποιήθηκε μέτρηση λόγω βλάβης του πολυπαραμετρικού οργάνου).

Η μεγαλύτερη μεταβολή της κατακόρυφης κατανομής της θερμοκρασίας παρατηρήθηκε στους σταθμούς με το μεγαλύτερο βάθος (SP1, SP4, SP5) (Εικ. 8). Στους σταθμούς αυτούς, κατά τους μήνες Μάιο και Ιούνιο, ψυχρότερο νερό κυκλοφορούσε πλησιέστερα στον πυθμένα. Στον σταθμό SP1 τον Οκτώβριο, κάτω από τα 15 m φαίνεται ότι υπήρχε στρώμα θερμότερου νερού. Τον Ιούνιο, στους σταθμούς SP1, SP4 και SP5, παρατηρήθηκε ελαφρά στρωμάτωση. Γενικά, κατά τη διάρκεια του χειμώνα και την αρχή της άνοιξης δεν παρατηρήθηκε αξιόλογη μεταβολή της κατακόρυφης κατανομής της θερμοκρασίας.

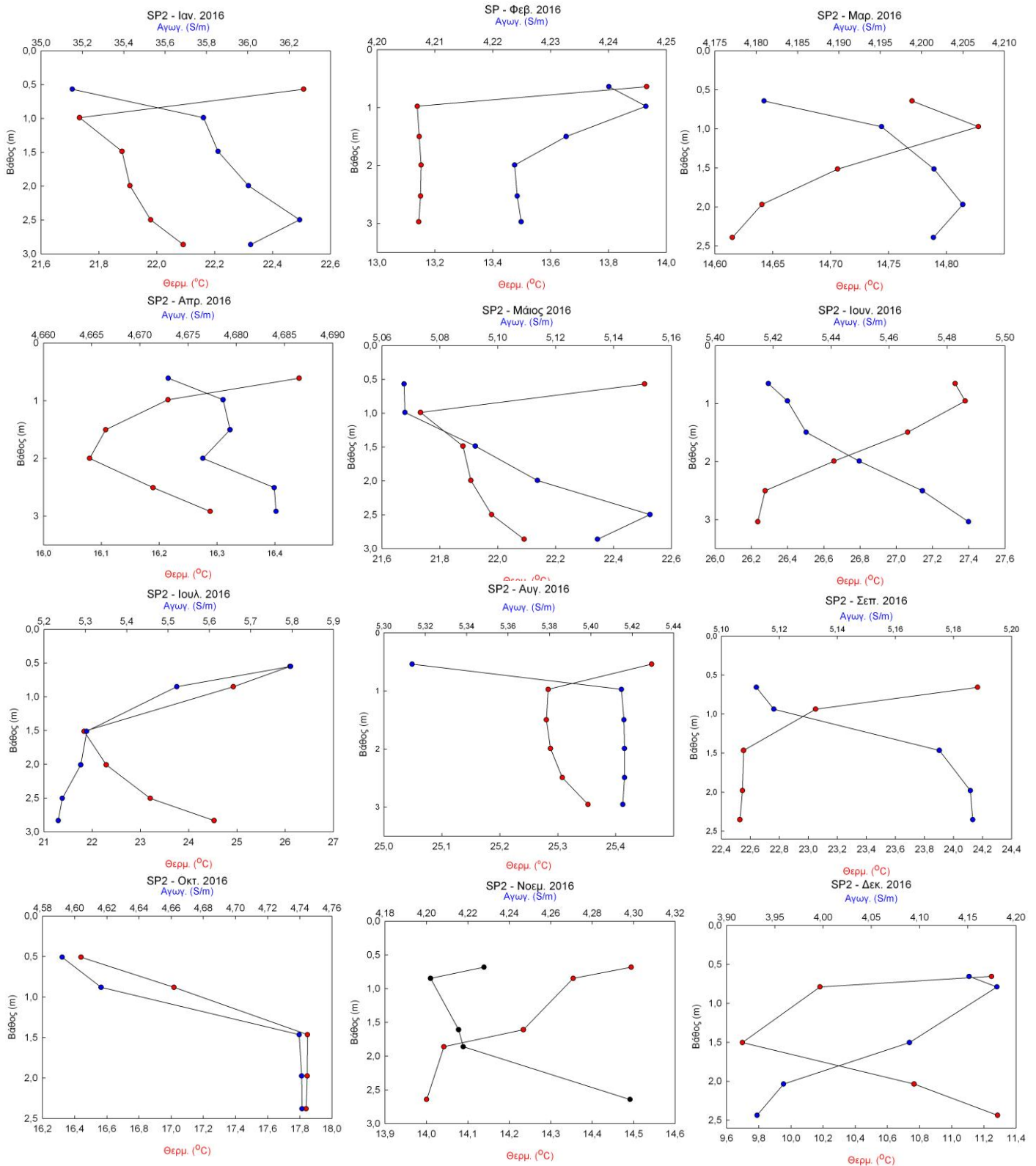
4.3.2. Αγωγιμότητα

Η αλατότητα, η οποία υπολογίζεται μέσω της μέτρησης της αγωγιμότητας, δίνει σημαντικές πληροφορίες για την κίνηση και αραίωση του νερού στην παράκτια ζώνη, σε συνδυασμό μάλιστα με τη θερμοκρασία παρέχει ενδείξεις για μετακίνηση, ανάμιξη και στρωμάτωσή του. Η αλατότητα επηρεάζει την ανάπτυξη της «άνθισης του νερού» δημιουργώντας φράγματα αλατότητας σε πολύ κλειστούς κόλπους ή παράκτιες περιοχές με εκβολές (Karleskint 1998).



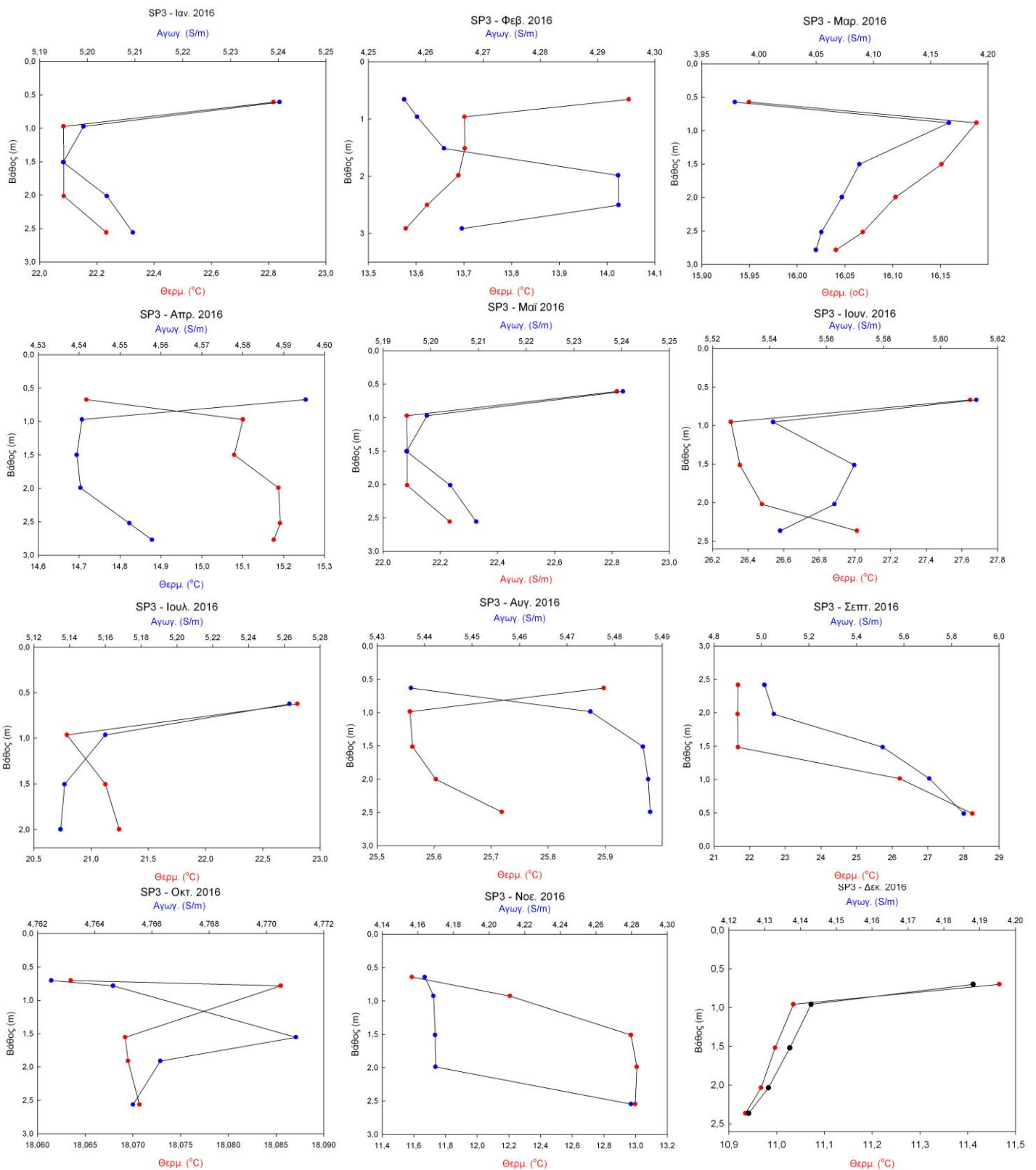
Εικόνα 9. Κατακόρυφη κατανομή της αγωγιμότητας (και θερμοκρασίας) στον σταθμό SP1 το 2016.

Στον ανατολικότερο σταθμό (SP1), τον Ιανουάριο, Οκτώβριο και Νοέμβριο παρατηρήθηκε η μικρότερη διακύμανση της αγωγιμότητας πιθανώς λόγω της περιορισμένης εισροής νερού από τους ποταμούς (Εικ. 9).

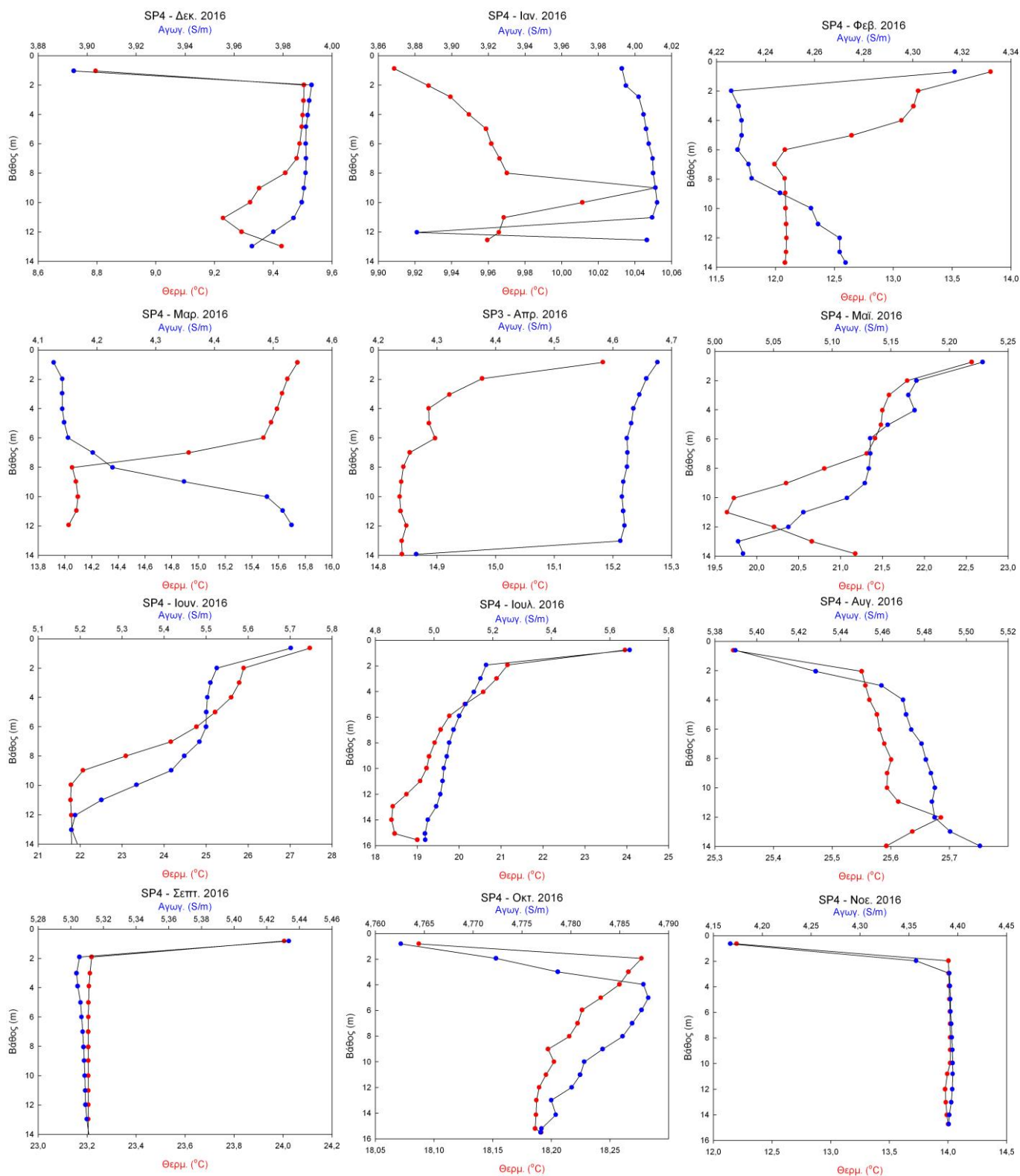


Εικόνα 10. Κατακόρυφη κατανομή της αγωγιμότητας (και θερμοκρασίας) στον σταθμό SP2 το 2016.

Οι διαφορές στην κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας και της αγωγιμότητας στους ρηχούς σταθμούς SP2 και SP3 αποδίδονται κυρίως στο μικρό βάθος (>3m) και τη μικρή απόσταση από την έξοδο των στραγγιστικών αντλιοστασίων (Εικ. 10, 11).

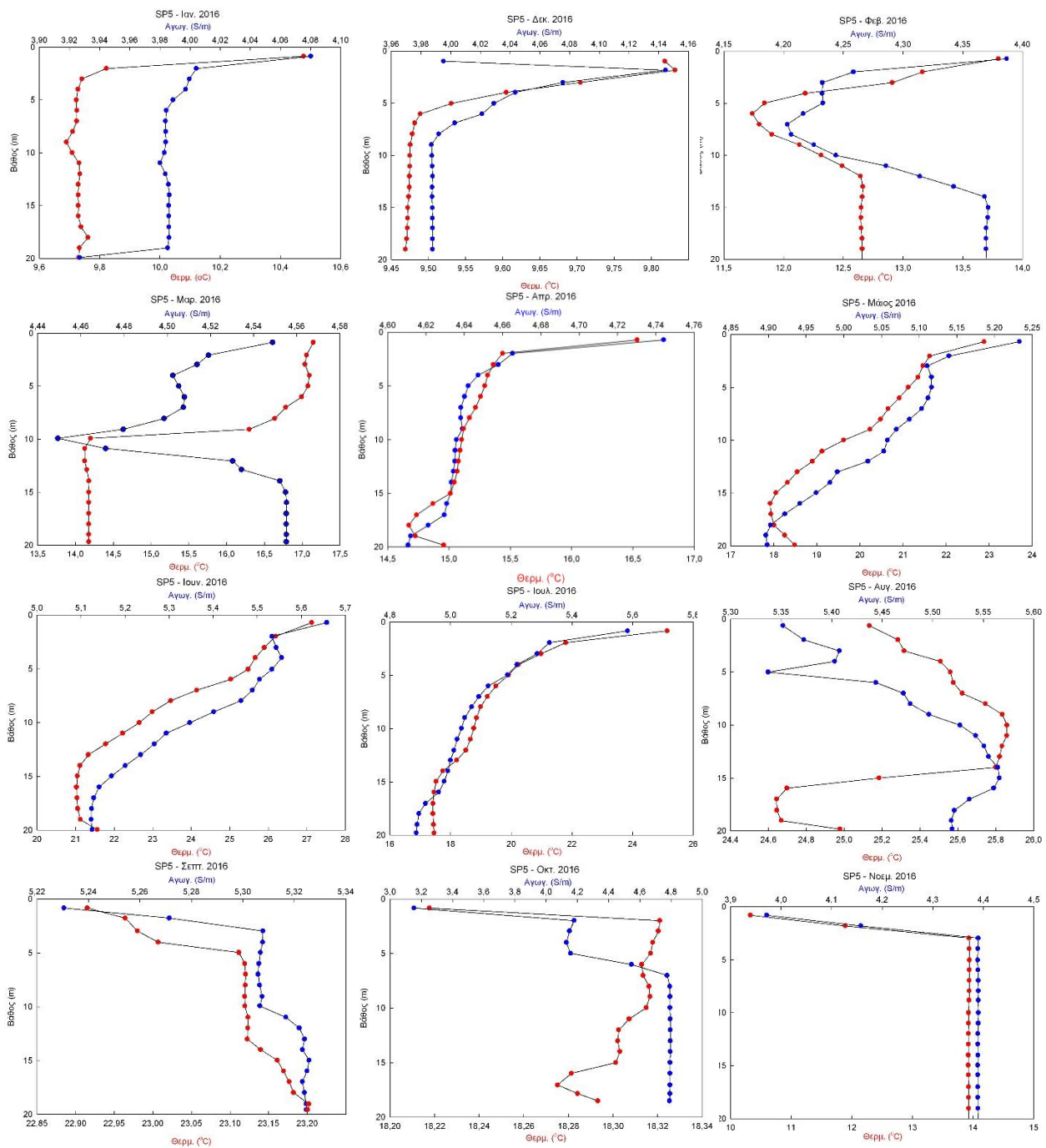


Εικόνα 11. Κατακόρυφη κατανομή της αγωγιμότητας (και θερμοκρασίας) στον σταθμό SP3 το 2016.



Εικόνα 12. Κατακόρυφη κατανομή της αγωγιμότητας (και θερμοκρασίας) στον σταθμό SP4 το 2016.

Στον σταθμό SP4, η κατακόρυφη κατανομή της αγωγιμότητας και της θερμοκρασίας παρουσίασαν περιορισμένη διακύμανση Σεπτέμβριο έως Δεκέμβριο και Απρίλιο (Εικ. 12). Εκτός από τον Ιανουάριο, Μάρτιο και Απρίλιο η θερμοκρασία και η αγωγιμότητα παρουσίασαν παρόμοια κατακόρυφη κατανομή.

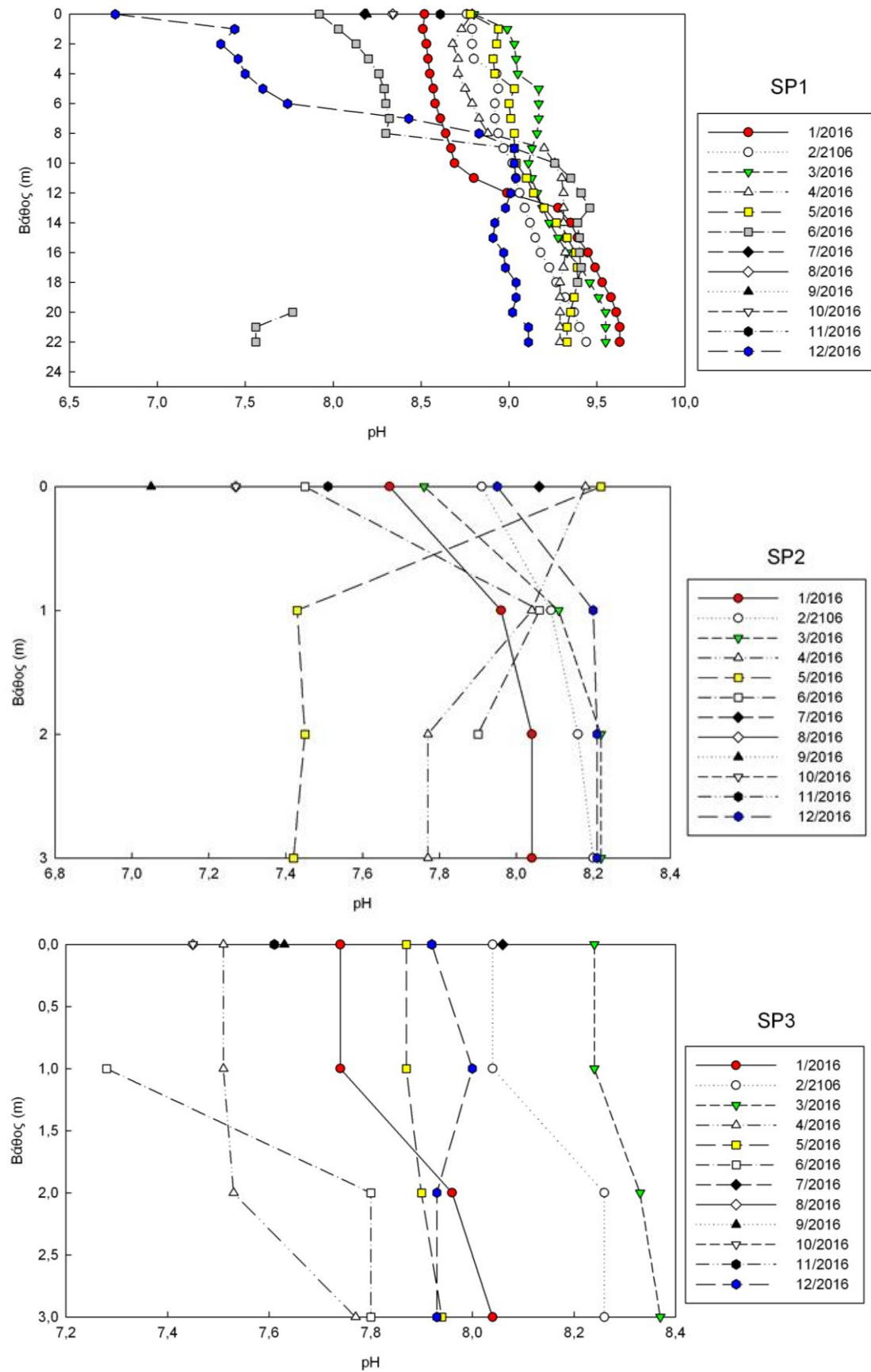


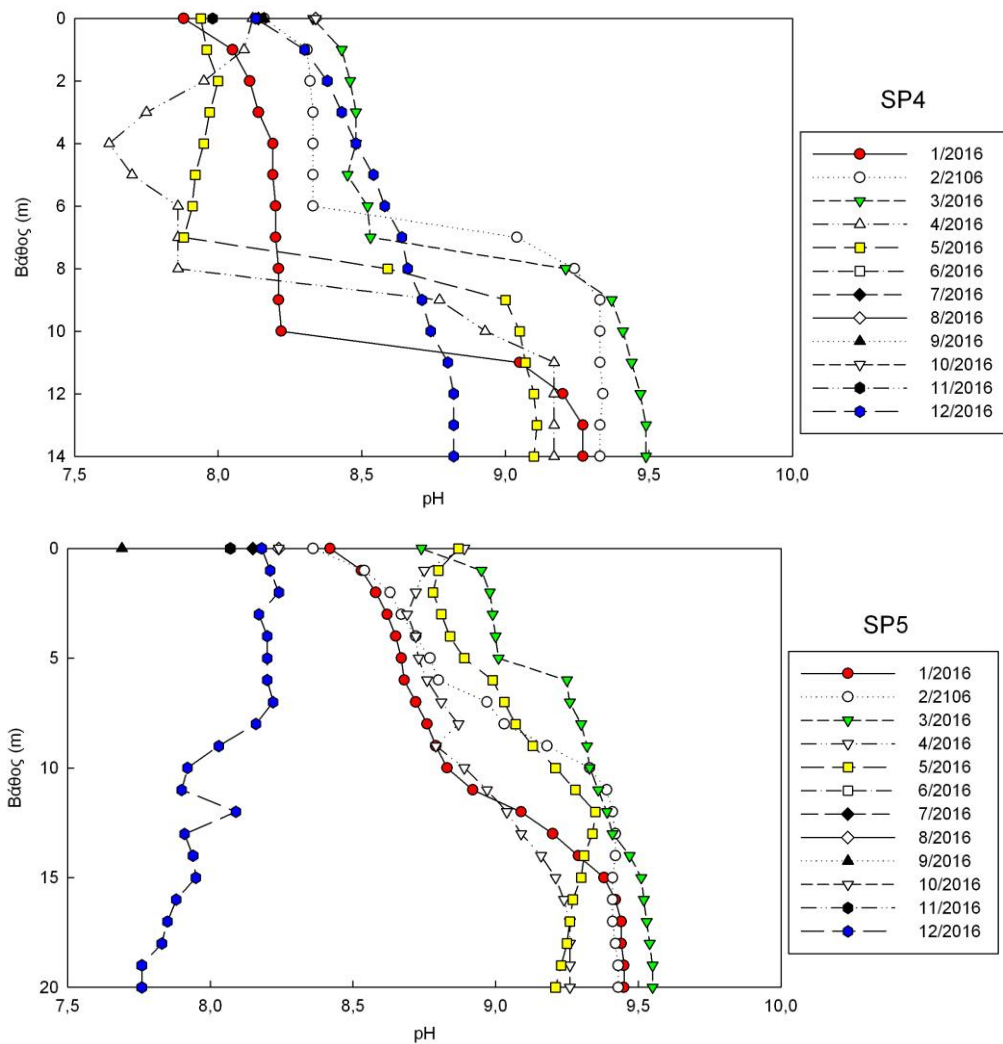
Εικόνα 13. Κατακόρυφη κατανομή της αγωγιμότητας (και θερμοκρασίας) στον σταθμό SP5 το 2016.

Στον σταθμό που βρίσκεται στο κέντρο του Όρμου (SP5), η κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας και της αγωγιμότητας είναι παρόμοιες κατά το μεγαλύτερο μέρος του έτους συγκριτικά με τους υπόλοιπους σταθμούς, ένδειξη ότι στην περιοχή εκείνη η επίδραση της εισροής των ποταμών είναι η ασθενέστερη.

4.3.3. pH

Η κατακόρυφη κατανομή pH στους πελαγικούς σταθμούς (2016) φαίνεται στην Εικόνα 14.



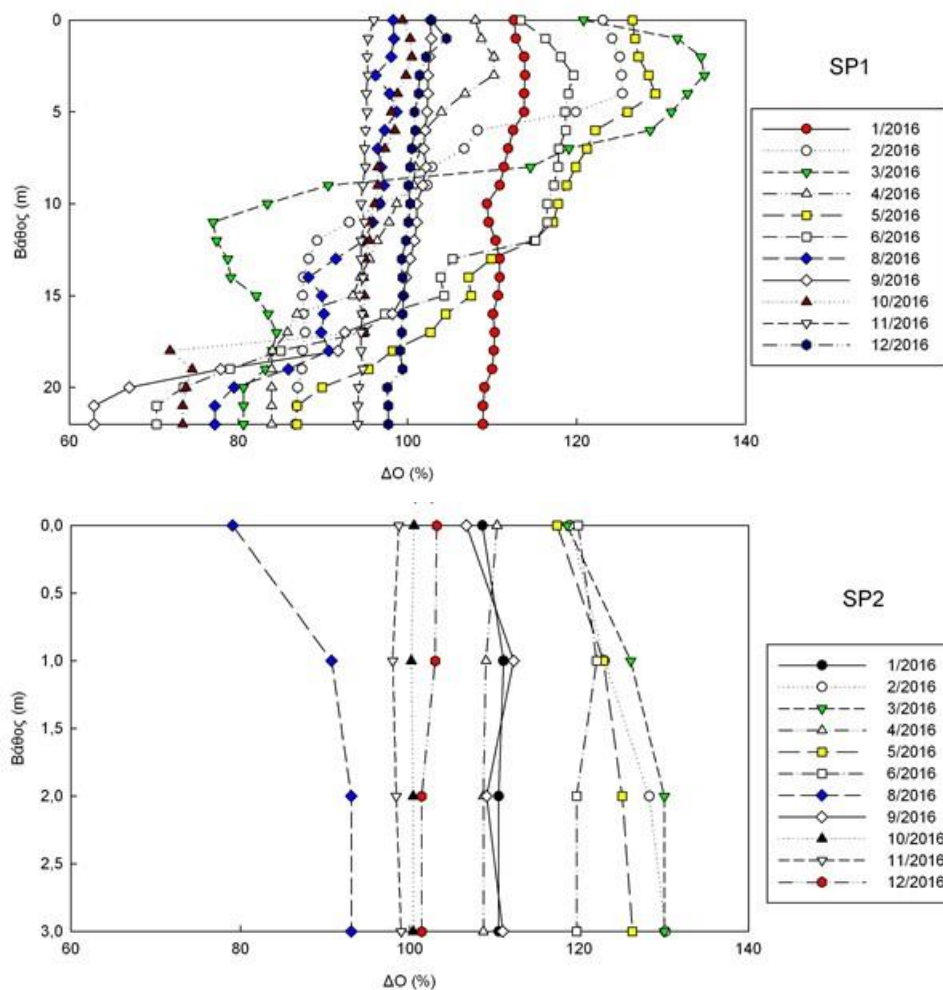


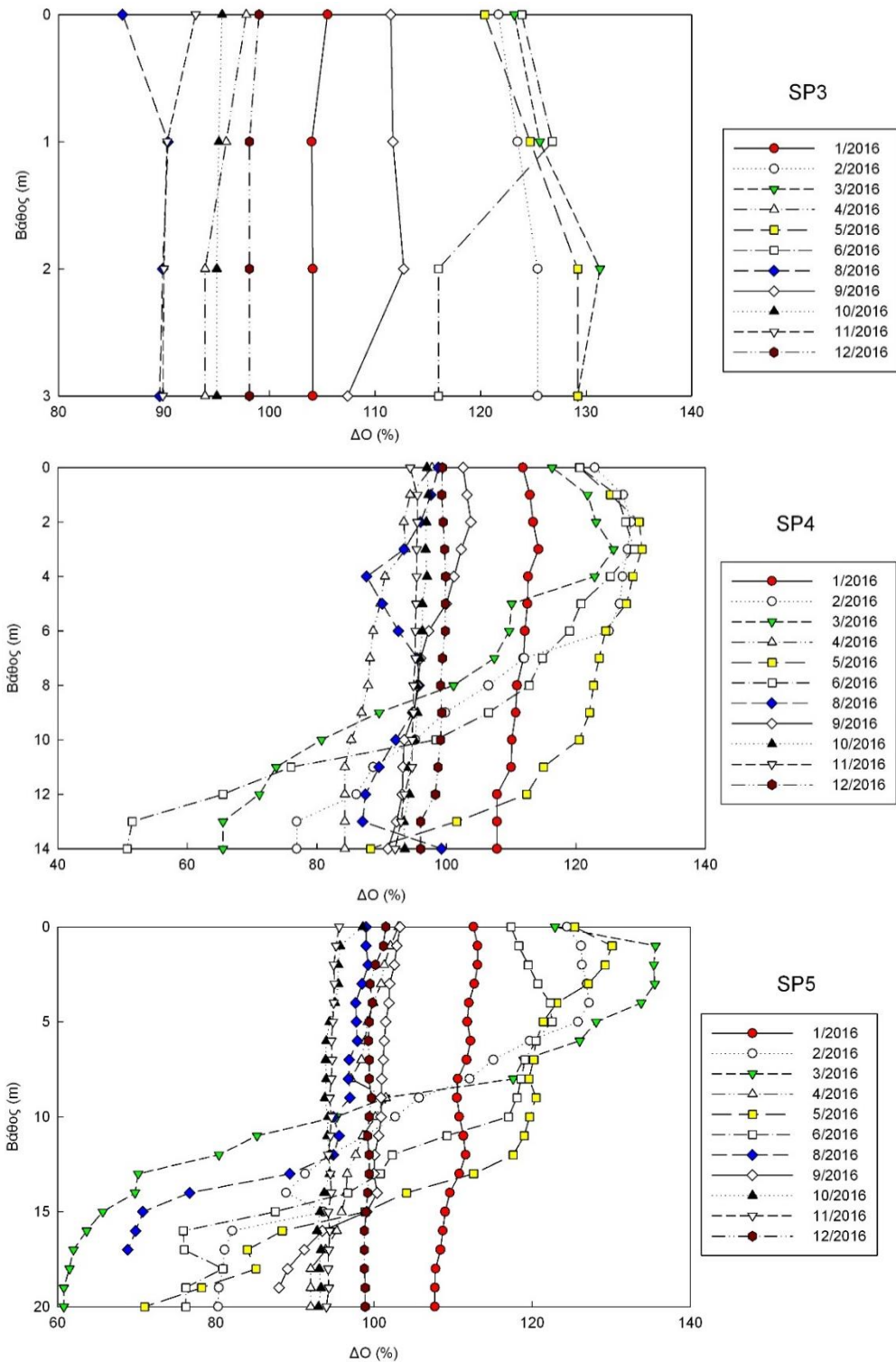
Εικόνα 14. Κατακόρυφη κατανομή του pH στους πελαγικούς σταθμούς (SP1-SP5) το 2016.

Σε μια θαλάσσια περιοχή, η υψηλή συγκέντρωση θρεπτικών αυξάνει τη βιομάζα του φυτοπλαγκτού και η αντίστοιχη δέσμευση του ανόργανου άνθρακα κατά την ενισχυμένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα αυξάνει το pH στη στήλη του νερού (Wei-Jun Cai *et al.* 2011, Flynn *et al.* 2015). Οι τιμές του pH κυμάνθηκαν μεταξύ 7,05 και 9,63 και η μέση τιμή για όλους τους πελαγικούς σταθμούς ήταν 8,63. Στους δύο βαθείς σταθμούς SP1 και SP4 παρατηρήθηκε αύξηση του pH από τα 10 m περίπου. Στον τρίτο βαθύ σταθμό (SP5), η κατανομή του pH με το βάθος ήταν σχεδόν σταθερή. Η απουσία μετρήσεων pH στη στήλη του νερού σε κάποιους μήνες οφείλεται σε βλάβη του οργάνου.

4.3.4. Κορεσμός σε διαλυμένο οξυγόνο (%)

Δύο διαφορετικές μάζες νερού έχουν ανιχνευθεί αναλόγως με την εποχή στον Όρμο του Θερμαϊκού: άναλο νερό από τους ποταμούς στο επιφανειακό στρώμα και το αλμυρό νερό του Βόρειου Αιγαίου στα μεγαλύτερα βάθη (Kombiadou & Krestenitis 2012). Το εισερχόμενο άναλο νερό στην περιοχή, μαζί με την κυκλοφορία και τη στρωμάτωση, πιθανώς επηρεάζουν τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, ιδιαιτέρως κατά την υγρή περίοδο οπότε και επικρατούν υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου. Η αντίθετη εικόνα παρατηρείται κατά την ξηρή περίοδο (καλοκαίρι και φθινόπωρο). Συνθήκες έλλειψης διαλυμένου οξυγόνου είναι δυνατό να επικρατήσουν σε μια κλειστή θάλασσα, όπως ο Θερμαϊκός κόλπος, όταν οι βιολογικές διεργασίες με τις οποίες αυτό καταναλώνεται (αναπνοή, βιο-αποικοδόμηση) υπερτερούν εκείνων της εισόδου του στο νερό. Η έλλειψη οξυγόνου είναι δυνατό να προκληθεί από τον συνδυασμό της περιορισμένης κυκλοφορίας του νερού (εξαιτίας της μορφολογίας της ακτής και της στρωμάτωσης της θερμοκρασίας) και της αποικοδόμησης οργανικής ύλης καθώς αυτή καθιζάνει από τα ανώτερα στρώματα. Στην περίπτωση του Θερμαϊκού κόλπου πιθανώς ο συνδυασμός των δύο αιτίων να προκαλεί την κατανάλωση των αποθεμάτων του διαλυμένου οξυγόνου, σε επίπεδα ωστόσο που δεν είναι ανησυχητικά (50-60% είναι η χαμηλότερη συγκέντρωση που παρατηρείται στα μεγαλύτερα βάθη των σταθμών SP1, SP4 και SP5). Η κατακόρυφη κατανομή του κορεσμού (%) σε οξυγόνο στο νερό παρουσιάζεται στην Εικόνα 15.





Εικόνα 15. Κατακόρυφη κατανομή του κορεσμού σε οξυγόνο (%) στους πελαγικούς σταθμούς (SP1-SP5) το 2016.

Όπως προαναφέρθηκε, στους βαθύτερους σταθμούς (SP1, SP4 και SP5) έντονη ήταν η μείωση του κορεσμού από την επιφάνεια προς τον πυθμένα στις εαρινές δειγματοληψίες (Μάρτιος, Απρίλιος, Μάιος). Στους ανωτέρω σταθμούς, κατά τις χειμερινές δειγματοληψίες, παρατηρήθηκαν υψηλότερες συγκεντρώσεις οξυγόνου στην επιφάνεια (υπερκορεσμός). Μια από τις πιθανές αιτίες για αυτό μπορεί να είναι ο έντονος κυματισμός που αυξάνει την ανάμειξη του νερού με τον αέρα. Στους ρηχούς σταθμούς (SP2, SP3) τον Αύγουστο ήταν εμφανής η

αύξηση του κορεσμού από το 1 m προς τον πυθμένα, ενδεχομένως εξαιτίας της υψηλότερης θερμοκρασίας στο επιφανειακό στρώμα. Σε καμία περίπτωση δεν σημειώθηκε ποσοστό ένδειξης ανοξίας.

4.3.5. Θρεπτικά ιόντα

Για τη μελέτη της πρωτογενούς παραγωγικότητας (πλαγκτόν και μακρόφυτα) μιας θαλάσσιας περιοχής είναι αναγκαία η συλλογή δεδομένων για τα διαλυμένα ανόργανα άλατα. Οι πρωτογενείς παραγωγοί απαιτούν ορισμένα στοιχεία για την ανάπτυξή τους, κυρίως άζωτο και φωσφόρο. Η ποσότητα των στοιχείων αυτών που προσδιορίζεται σε μια χρονική στιγμή αποτελεί κατά βάση την ισορροπία μεταξύ των ποσοτήτων που δεσμεύονται από τους πρωτογενείς παραγωγούς και αυτών που αναγεννούνται κατά την αποικοδόμηση της οργανικής ύλης. Η αναγέννηση του φωσφόρου προέρχεται κυρίως από την αποικοδόμηση των πρωτεϊνών ενώ του αζώτου ακολουθεί περισσότερα στάδια και έτσι αυτή παρουσιάζει γενικώς μια χρονική υστέρηση από αυτή του φωσφόρου (Cooper 1933, Paytan & McLaughlin 2007). Διάφορα ιχνοστοιχεία είναι επίσης απαραίτητα για την ανάπτυξη των φωτοσυνθετικών οργανισμών (π.χ. πυρίτιο, κοβάλτιο, χαλκός, σίδηρος, μαγνήσιο, μολυβδένιο και ψευδάργυρος). Το άζωτο αποτελεί το σπουδαιότερο περιοριστικό στοιχείο για την ανάπτυξη των φωτοσυνθετικών οργανισμών στη θάλασσα και υψηλά φορτία προερχόμενα από εκβολές είναι δυνατό να προκαλέσουν ευτροφισμό (Kennish 2001). Σε κάποιες περιπτώσεις, για την ανάπτυξη των οργανισμών αυτών, ενδέχεται ο φωσφόρος να αποτελεί τον περιοριστικό παράγοντα αναλόγως με τη χρονική περίοδο του έτους. Τέλος, ορισμένες κατηγορίες οργανισμών απαιτούν πυρίτιο για την ανάπτυξη του σκελετού τους.

Τα αμμωνιακά, τα νιτρώδη και τα νιτρικά ιόντα αντιπροσωπεύουν τις τρεις κυριότερες διαλυμένες ανόργανες μορφές αζώτου στις παράκτιες περιοχές, με τα νιτρικά να απαντούν στις υψηλότερες συγκεντρώσεις. Μελετώντας τον κύκλο του αζώτου στη θάλασσα, η εξέταση των νιτρωδών είναι χρήσιμη καθώς τα ιόντα αυτά αποτελούν ενδιάμεσο των νιτρικών και των αμμωνιακών. Αν και τα νιτρώδη ιόντα είναι ασταθή, αυτό το γνώρισμα μπορεί να λειτουργήσει ως ένδειξη της ισορροπίας μεταξύ αναγωγικών και οξειδωτικών αντιδράσεων στον κύκλο του αζώτου (Rakestraw 1936). Τα ορθοφωσφορικά συνιστούν το κυριότερο κλάσμα διαλυμένου ανόργανου φωσφόρου σε παρόμοια οικοσυστήματα. Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων συνήθως δεν ξεπερνά το 1 μM ($=\mu\text{g-at/L}$) ενώ των ορθοφωσφορικών σπανίως ξεπερνούν τα 2-3 μM (Μουστάκα-Γούνη 1997, Kennish 1997, Pinet 1998).

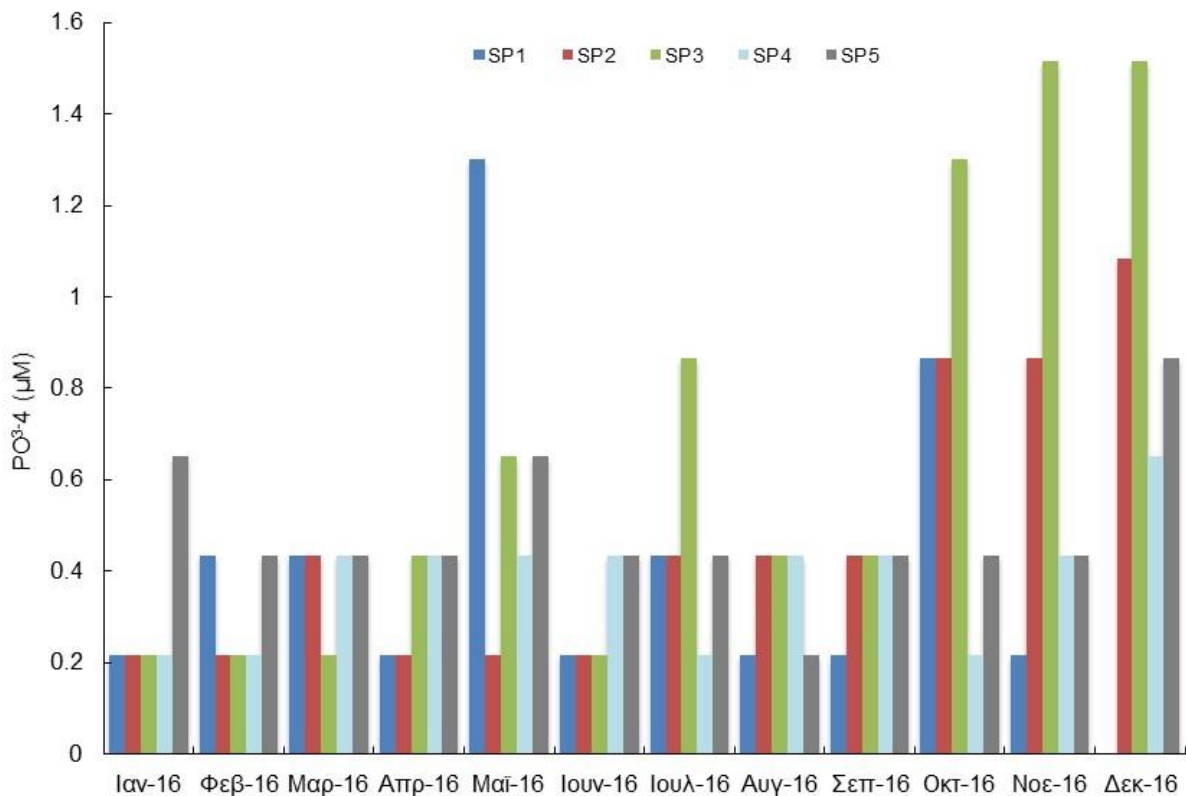
Περιοχές εκβολών και γενικά η παράκτια ζώνη συχνά δέχεται υψηλά φορτία θρεπτικών ουσιών από σημειακές και μη σημειακές πηγές (αγροτικές, βιομηχανικές, αστικές, ατμόσφαιρα κλ.π.). Σε παγκόσμια κλίμακα η ατμόσφαιρα και οι ποταμοί συνεισφέρουν περίπου ίσα ποσοστά θρεπτικών στη θάλασσα (ΑΠΘ 1993, Φυτιάνος 1996). Σε κλειστές περιοχές, όπως ο Θερμαϊκός κόλπος και ο Όρμος της Θεσσαλονίκης όπου η έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα συνδυάζεται με την εκβολή τεσσάρων ποταμών, η διακύμανση της συγκέντρωσης των θρεπτικών είναι έντονη.

4.3.5.1. Ορθοφωσφορικά

Η συγκέντρωση των ορθοφωσφορικών αλάτων χρησιμοποιείται ως ενδείκτης οργανικής ρύπανσης σε παράκτιες αστικές περιοχές. Η συγκέντρωση των ορθοφωσφορικών για το 2016 στους πελαγικούς σταθμούς κυμάνθηκε από 0,22 μM (SP1) έως 1,52 μM (SP3) και η μέση τιμή ήταν 0,49 μM . Η χαμηλότερη μέση ετήσια συγκέντρωση ήταν 0,38 μM στον SP4 και η

μέση υψηλότερη συγκέντρωση ήταν 0,67 μM στον SP3. Η χαμηλότερη μέση μηνιαία ήταν 0,3 μM (Ιανουάριος και Φεβρουάριος) και η υψηλότερη μέση μηνιαία ήταν 1,03 μM τον Δεκέμβριο. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις σε όλους τους σταθμούς μετρήθηκαν την ψυχρή εποχή (Οκτώβριο, Νοέμβριο, Δεκέμβριο). Εξαιρέση αποτέλεσε η υψηλή συγκέντρωση 1,3 μM στον σταθμό SP1 τον Μάιο (Εικ. 16).

Συγκρίνοντας το εύρος της συγκέντρωσης του φωσφόρου ανεξαρτήτως σταθμού και εποχής με προγενέστερες μετρήσεις επιβεβαιώνονται οι ευμετάβλητες συνθήκες που επικρατούν στον Θερμαϊκό. Στο τέλος της δεκαετίας του '70 η συγκέντρωση του φωσφόρου (Friligos & Kousouris 1982) κυμάνθηκε σε 0,11-0,33 μM . Μια δεκαετία περίπου αργότερα οι Gotsis-Skretas & Friligos (1990) δημοσίευσαν για το 1984 συγκεντρώσεις που κυμάνθηκαν μεταξύ 0,10-3,71 μM (Δεκέμβριος 1984: 0,10-1,03 μM , Μάιος 1985: 0,18-3,71 μM , Σεπτέμβριος 1985: 0,14-0,88 μM) και στον Όρμο η μέγιστη συγκέντρωση των φωσφορικών ήταν 1,03 μM . Στη μελέτη του ΕΛΚΕΘΕ (1994) το εύρος συγκεντρώσεων ήταν 0,04-1,33 μM ενώ στην τελευταία μελέτη του (ΕΛΚΕΘΕ 2015) οι συγκεντρώσεις των φωσφορικών στον Όρμο της Θεσσαλονίκης κυμάνθηκαν μεταξύ 0,112-0,336 μM (μέσες τιμές από 0, 10, 18 m βάθος).



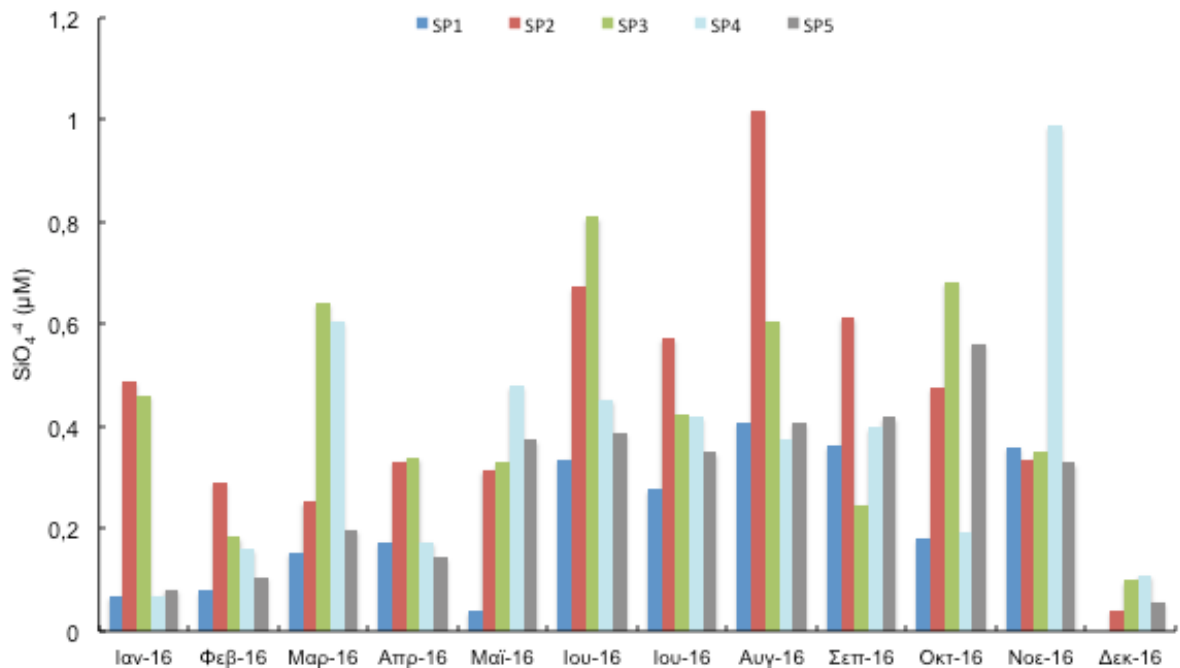
Εικόνα 16. Συγκέντρωση (μM) των ορθοφωσφορικών ιόντων στους πελαγικούς σταθμούς του Όρμου Θεσσαλονίκης (2016).

Ενδεχομένως οι παλαιότερες χαμηλότερες συγκεντρώσεις να οφείλονται στην αναπτυσσόμενη τότε γεωργική δραστηριότητα της λεκάνης απορροής του Θερμαϊκού και στον αρκετά χαμηλότερο πληθυσμό της Θεσσαλονίκης. Η αυξητική τάση των επόμενων δεκαετιών αποδίδεται στην εντατικοποίηση της γεωργικής δραστηριότητας με την ταυτόχρονη εφαρμογή λιπασμάτων, στη μεταβολή της σύνθεσης και στην αύξηση της κατανάλωσης απορρυπαντικών οικιακής χρήσης.

4.3.5.3. Πυριτικά

Οι συγκεντρώσεις των πυριτικών κυμάνθηκαν μεταξύ 0,04-1,02 μM (Εικ. 17). Η μέγιστη τιμή μετρήθηκε τον Νοέμβριο στον σταθμό που βρίσκεται στην περιοχή του λιμανιού, σχετικά κοντά στην εκβολή του Γαλλικού ποταμού (SP4). Γενικότερα, οι υψηλές συγκεντρώσεις μετρήθηκαν προς το τέλος της άνοιξης και τις αρχές του καλοκαιριού. Η συγκέντρωση των πυριτικών ιόντων ήταν υψηλότερη κοντά στους σταθμούς όπου διαχέονται οι εισροές άναλου νερού από το αντλιοστάσιο της Παλιομάνας (SP2) και τον Γαλλικό (SP3). Η υψηλότερη μέση τιμή των συγκεντρώσεων από όλους τους σταθμούς υπολογίστηκε για τον Αύγουστο (1,02 μM) και η χαμηλότερη τον Μάιο (0,04 μM).

Η συγκέντρωση των πυριτικών ιόντων πριν από περίπου 40 έτη κυμαινόταν μεταξύ 1,29-3,28 μM (Friligos & Kousouris 1982). Στα μέσα της δεκαετίας του 1980 η συγκέντρωση μεταβλήθηκε από 0,39 έως 9,54 μM (Gotsis-Skretas & Friligos 1990). Την επόμενη δεκαετία η συγκέντρωση των πυριτικών ιόντων στον Όρμο της Θεσσαλονίκης κυμάνθηκε μεταξύ 0,32-1,93 μM (ΕΛΚΕΘΕ 1994). Στην πρόσφατη μελέτη του ΕΛΚΕΘΕ (2015) τα πυριτικά ιόντα στον Όρμο κυμάνθηκαν μεταξύ 2,6-10,6 μM (μέσες τιμές από 0, 10, 18 m βάθος).



Εικόνα 17. Συγκέντρωση (μM) των πυριτικών ιόντων στους πελαγικούς σταθμούς του Όρμου Θεσσαλονίκης (2016).

Κατά τα τελευταία σαράντα έτη φαίνεται ότι η συγκέντρωση των πυριτικών στον Θερμαϊκό παρουσίασε πτωτική τάση χωρίς όμως συγκεκριμένη χωρική και χρονική κατανομή. Η διαθεσιμότητα του πυριτίου επηρέαζε σε μεγάλο βαθμό την αύξηση και ανάπτυξη των διατόμων (Tréguer *et al.* 1995). Τα πυριτικά ιόντα προέρχονται από τη διάβρωση των πυριτικών ορυκτών και εισέρχονται στη θάλασσα κυρίως δια μέσου της παροχής των ποταμών και δευτερευόντως δια μέσου της αερομεταφερόμενης σκόνης (Papush & Danielsson 2006). Κατ' επέκταση, η πτωτική τάση στον Θερμαϊκό πιθανώς οφείλεται στη μείωση των φορτίων

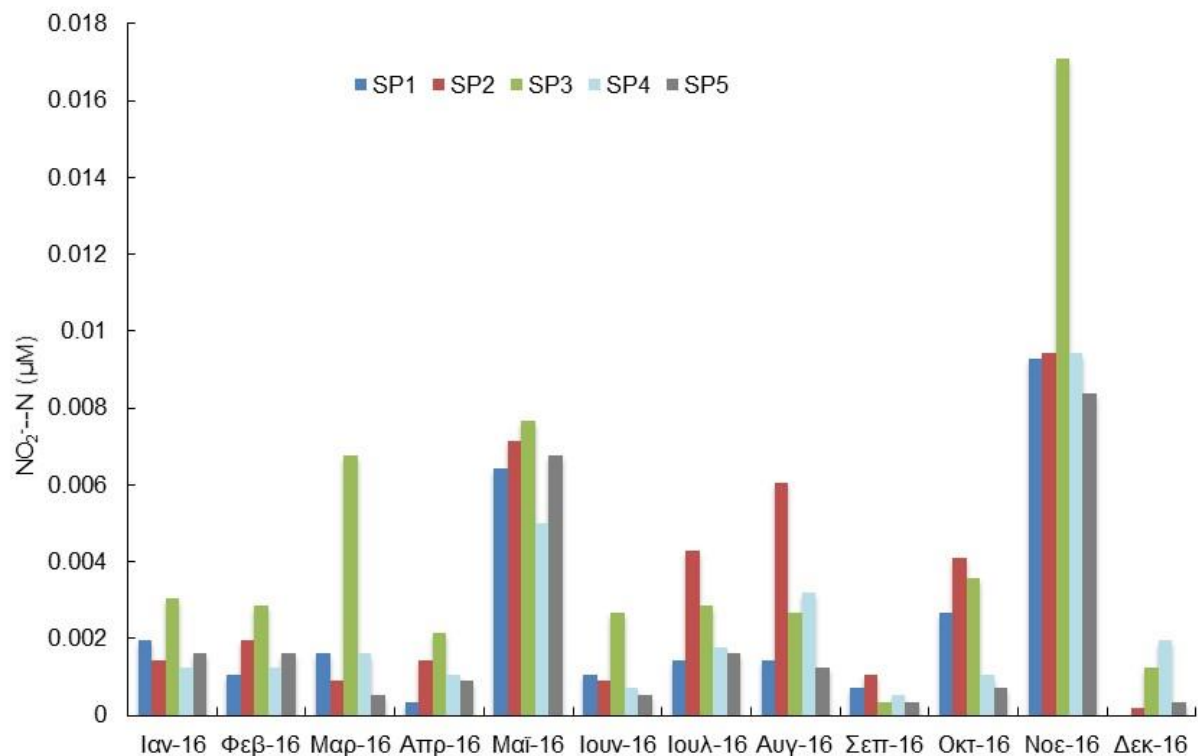
των ποταμών ως αποτέλεσμα της λειτουργίας των φραγμάτων ή/και στην άνοδο του ευτροφισμού (τροφικού επιπέδου) του Θερμαϊκού.

4.3.5.3. Αζωτο: νιτρικά - νιτρικά - αμμωνιακά

Η μεταβολή της συγκέντρωσης των νιτρικών, νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων στη στήλη του νερού για το 2016 φαίνεται στις Εικόνες 18, 19 και 20.

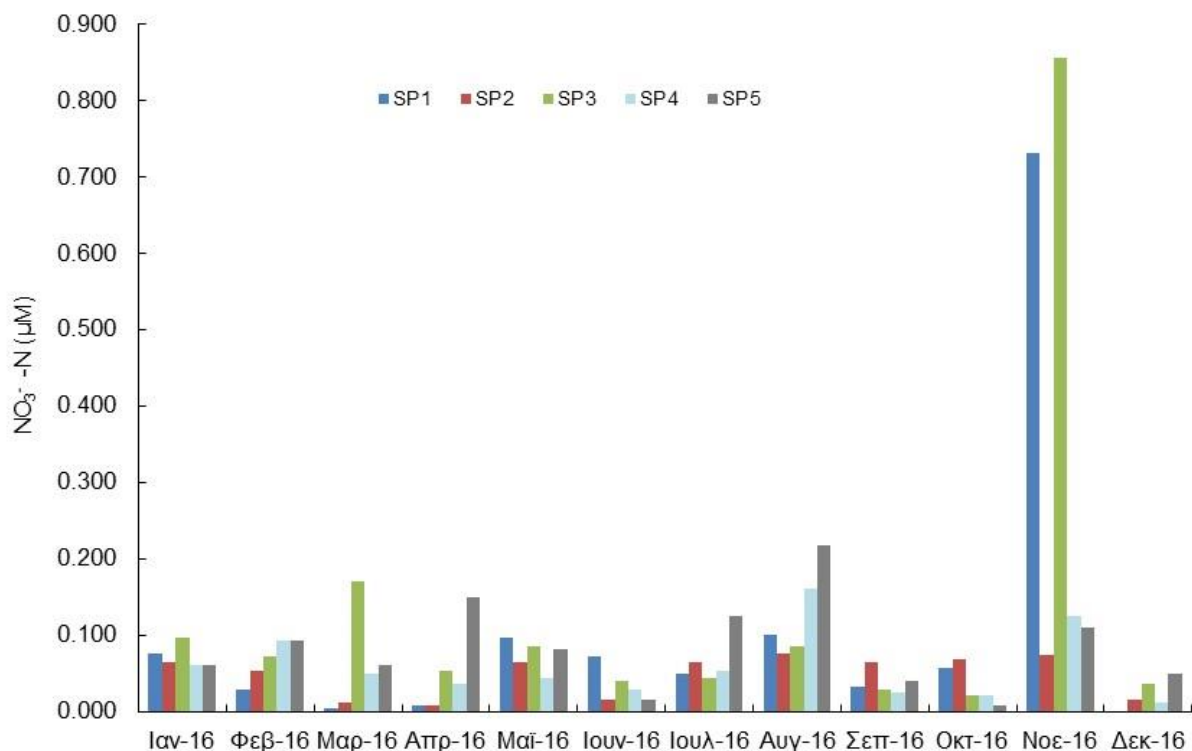
Στον σταθμό SP3 (αβαθή εκβολής Γαλλικού) μετρήθηκε η υψηλότερη συγκέντρωση από όλους τους σταθμούς για τη χρονική περίοδο Νοέμβριος-Ιούνιος 2016. Για το χρονικό διάστημα Ιούλιος-Οκτώβριος, η συγκέντρωση των νιτρικών ήταν υψηλότερη στον σταθμό SP2 (αβαθή αντλιοστασίου Παλιομάνας). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρικών σε όλους τους σταθμούς μετρήθηκαν τον μήνες Μάιο και Νοέμβριο (Εικ. 18).

Η συγκέντρωση των νιτρικών στο τέλος της δεκαετίας του 1970 κυμάνθηκε μεταξύ 0,06-0,31 μM (Friligos & Koussouris 1982) ενώ την επόμενη δεκαετία σύμφωνα με τους Gotsis-Skretas, Friligos (1990) παρατηρήθηκε μικρή αύξηση: τον Δεκέμβριο 1984 ήταν 0,04-1,02 μM , τον Μάιο 1985 ήταν 0,06-0,57 μM και τον Σεπτέμβριο 1985 ήταν 0,01-0,26 μM . Στον Όρμο η υψηλότερη συγκέντρωση ήταν 1,02 μM . Κατά την ωκεανογραφική μελέτη του ΕΛΚΕΘΕ (1994), η συγκέντρωση των νιτρικών στον βόρειο Θερμαϊκό κυμάνθηκε μεταξύ 0,03-0,43 μM και την επόμενη δεκαετία η συγκέντρωση κυμάνθηκε μεταξύ 0,12-2,104 μM (μέσες τιμές από 0, 10, 18 m βάθος) (ΕΛΚΕΘΕ 2015). Παρατηρήθηκε γενικά μείωση στη συγκέντρωση των νιτρικών με εξαίρεση το έτος 2015.



Εικόνα 18. Συγκέντρωση (μM) αζώτου νιτρικών ιόντων στους πελαγικούς σταθμούς του Όρμου Θεσσαλονίκης (2016).

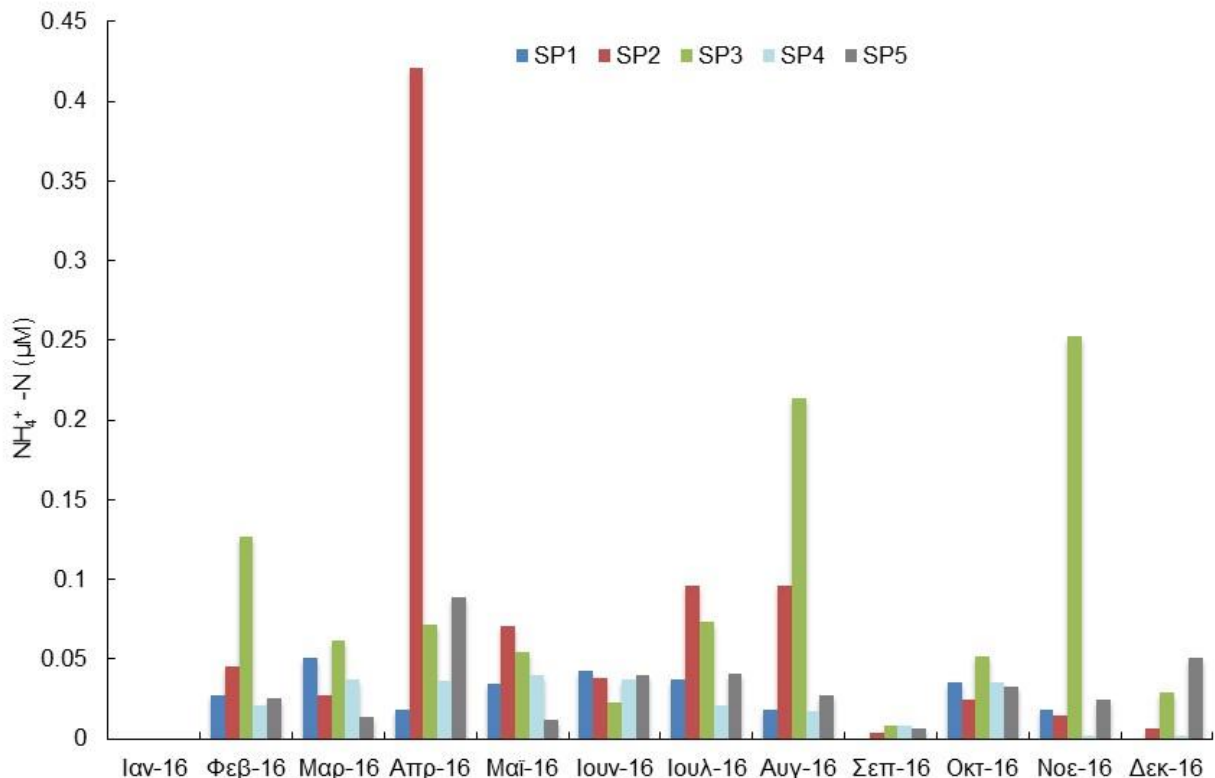
Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων παρουσίασε έντονη μεταβολή (0,004-0,855 μM) με τις δύο υψηλότερες τιμές του έτους να παρατηρούνται τον Νοέμβριο 2016 στους σταθμούς SP1 και SP3 (Εικ. 19) και υψηλή διακύμανση ($\sigma=0,14$). Με εξαίρεση τις δύο υψηλές τιμές στους σταθμούς SP1 (0,730 μM) και SP3 (0,855 μM), η τρίτη υψηλότερη συγκέντρωση μετρήθηκε στον σταθμό SP5 (0,218 μM) και ήταν σχεδόν τέσσερις φορές μικρότερη από τις δύο παραπάνω υψηλές τιμές. Οι υπόλοιπες συγκεντρώσεις παρουσίασαν μικρότερη διακύμανση ($\sigma=0,044$). Όσον αφορά στην χωρική κατανομή των συγκεντρώσεων, οι υψηλότερες τιμές μετρήθηκαν στον σταθμό κοντά στην εκβολή του Γαλλικού (SP3 $\bar{X}=0,132 \mu\text{M}$) ενώ οι χαμηλότερες στον SP2 απέναντι από την έξοδο του αντλιοστασίου της Παλιομάνας. Εάν αφαιρεθούν οι δύο μέγιστες συγκεντρώσεις στους σταθμούς SP1 και SP3 τον Νοέμβριο, τότε ο Αύγουστος είναι ο μήνας με τις κατά μέσο όρο υψηλότερες τιμές σε όλους τους σταθμούς.



Εικόνα 19. Συγκέντρωση (μM) αζώτου νιτρικών στους πελαγικούς σταθμούς του Όρμου Θεσσαλονίκης (2016).

Πριν σχεδόν σαράντα έτη (Σεπτέμβριος 1977, Friligos & Kousouris 1982) οι συγκεντρώσεις των νιτρικών στο εσωτερικό του Θερμαϊκού κυμαίνονταν σε ένα μεγάλο εύρος μεταξύ 0,40-2,92 μM . Στη συνέχεια, οι Gotsis-Skretas & Friligos 1990 καθόρισαν ακόμα μεγαλύτερο εύρος συγκεντρώσεων και συγκεκριμένα τον Δεκέμβριο 1984 η συγκέντρωση μεταβλήθηκε μεταξύ 0,11-6,70 μM , τον Μάιο 1985 μεταξύ 0,07-5,80 μM και τον Σεπτέμβριο 1985 0,11-1,00 μM . Η έντονη διακύμανση των συγκεντρώσεων των νιτρικών όπως και των λοιπών θρεπτικών ιόντων φαίνεται ακόμα καλύτερα στις μετρήσεις του ΕΛΚΕΘΕ (1994), οπότε το εύρος ήταν μεταξύ 0,06-3,50 μM ενώ 20 έτη αργότερα (ΕΛΚΕΘΕ 2015) οι συγκεντρώσεις εμφανίστηκαν χαμηλότερες (0,25-0,976 μM) οι οποίες συμβαδίζουν με αυτές της παρούσας παρακολούθησης.

Οι συγκεντρώσεις των αμμωνιακών κυμάνθηκαν μεταξύ 0,004-0,42 μM , με την υψηλότερη τιμή να σημειώνεται στον σταθμό SP2 (αντλιοστάσιο Παλιομάνας) τον Απρίλιο (Εικ. 20). Οι μέσες τιμές για τους σταθμούς κυμάνθηκαν από 0,023 μM (SP1) έως 0,088 μM (SP3) ενώ το εύρος των μέσων τιμών της χρονικής κατανομής για όλους τους σταθμούς ήταν από 0,005 μM τον Σεπτέμβριο έως 0,13 μM τον Απρίλιο. Οι δύο αβαθείς σταθμοί (SP2, SP3) εμφανίζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις από τους υπόλοιπους. Όσον αφορά τη χρονική κατανομή, οι υψηλότερες συγκεντρώσεις στους τέσσερις από τους πέντε σταθμούς (SP1, SP2, SP4 και SP5) εμφανίστηκαν την άνοιξη ενώ στον SP3 τον Αύγουστο.



Εικόνα 20. Συγκέντρωση (μM) αζώτου αμμωνιακών στους πελαγικούς σταθμούς του Όρμου Θεσσαλονίκης (2016).

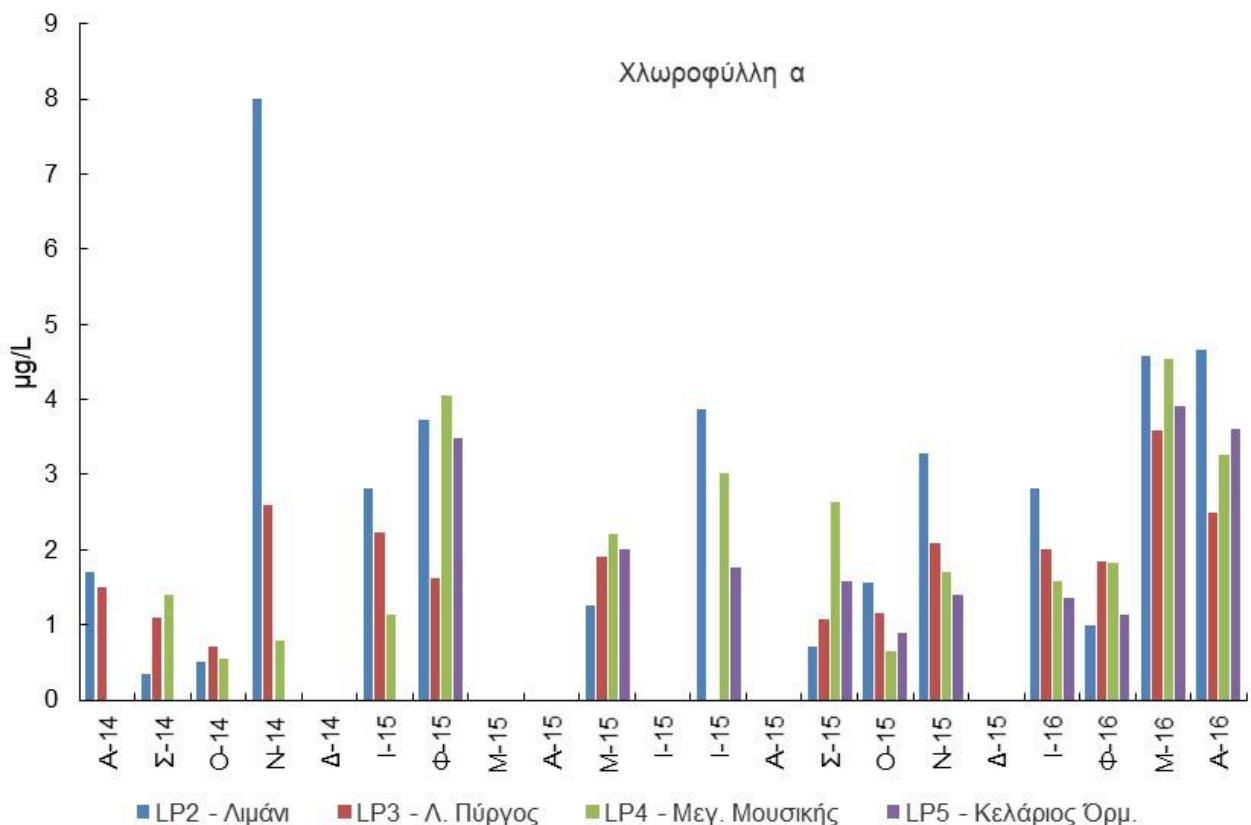
Πριν σαράντα σχεδόν έτη (Σεπτέμβριος 1977) το εύρος των συγκεντρώσεων στον εσωτερικό Θερμαϊκό ήταν σχεδόν δέκα φορές υψηλότερο, συγκεκριμένα κυμάνθηκε μεταξύ 0,40-5,00 μM (Friligos *et al.* 1984). Την επόμενη δεκαετία (Gotsis-Skretas & Friligos 1990) παρατηρήθηκε επίσης μεγάλη διακύμανση οπότε το εύρος των συγκεντρώσεων στο έτος ήταν από 0,20 έως 1,83 μM τον Δεκέμβριο (1984), τον Μάιο (1985) από 0,49 έως 16,7 μM και τον Σεπτέμβριο (1985) από 0,06 έως 1,52 μM . Η συγκέντρωση των αμμωνιακών στο μέσο της δεκαετίας του 1990 προσδιορίστηκε από 0,09 έως 2,88 μM (ΕΛΚΕΘΕ 1994). Εικοσιπέντε έτη από τη λειτουργία της εγκατάστασης επεξεργασίας λυμάτων, η ελάχιστη τιμή (0,311 μM) ήταν σχεδόν τριπλάσια από αυτή του 1994, ενώ η μέγιστη τιμή (1,382 μM) ήταν σχεδόν μισή από αυτή του 1994.

4.4. Βιολογικές παράμετροι στους πελαγικούς σταθμούς (SP1-SP5)

4.4.1. Χλωροφύλλη α

Βιολογικές παράμετροι όπως η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α και η βιομάζα, σύνθεση και αφθονία του φυτοπλαγκτού χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του τροφικού επιπέδου και κατ' επέκταση της οικολογικής κατάστασης φυσικών υδάτινων οικοσυστημάτων (θαλάσσια, λίμνες, ποταμοί). Η χλωροφύλλη α αποτελεί εκτιμήτρια παράμετρο της βιομάζας του φυτοπλαγκτού και η μέτρηση της συγκέντρωσής της στο νερό εξυπηρετεί κυρίως: α) την εκτίμηση της χωρικής κατανομής της φυτοπλαγκτονικής βιομάζας και τη συχνότητα φαινομένων επιπολασμού του νερού, β) την αναγνώριση εποχικών τάσεων σε μεγάλες χρονοσειρές βιομάζας φυτοπλαγκτού και γ) την παρακολούθηση του τροφικού επιπέδου (OSPAR 2012).

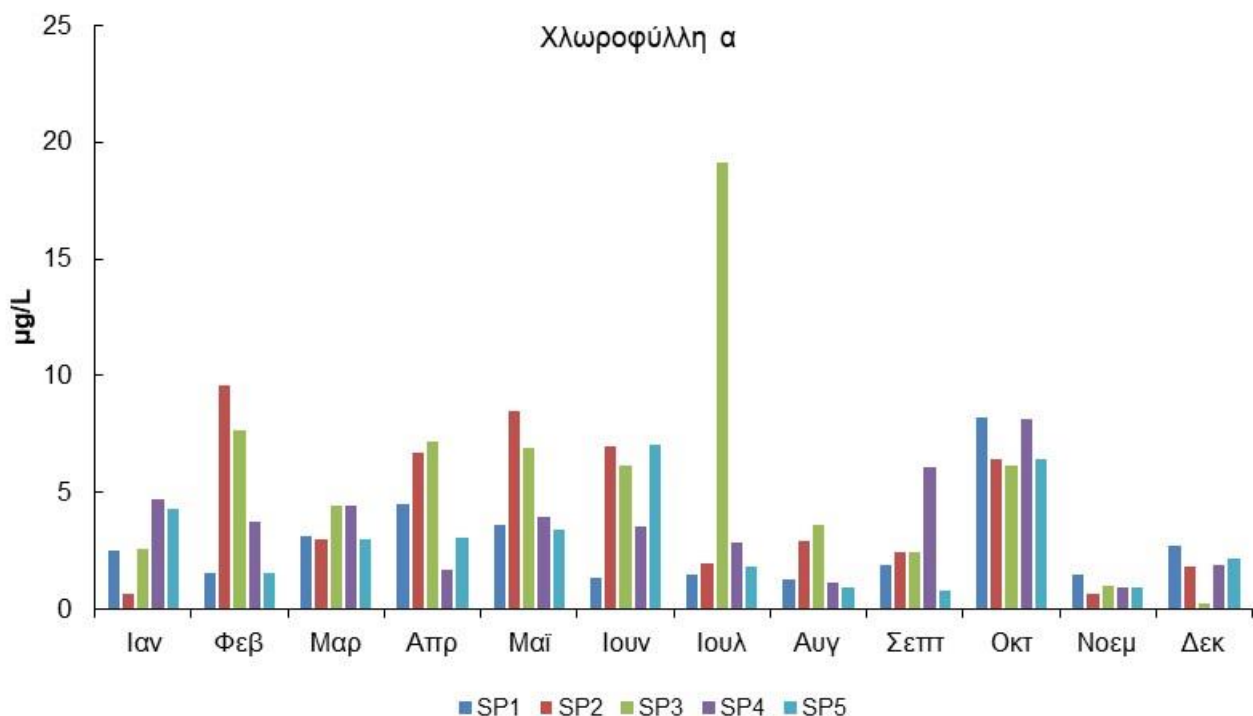
Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α στους παράκτιους σταθμούς (LP1-LP5) παρουσίασε παρόμοια χωρική κατανομή και εποχική διακύμανση τους αντίστοιχους μήνες στο διάστημα 2014-2016 (Εικ. 21). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις μετρήθηκαν εντός του λιμανιού (8 $\mu\text{g/L}$) και στο Μέγαρο Μουσικής (4,54 $\mu\text{g/L}$). Στους κλειστούς σταθμούς (Κελλάριος, Μ. Μουσικής, Λιμάνι) μετρήθηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις, σε αντίθεση με τον πιο εκτεθειμένο σταθμό στον Λ. Πύργο. Γενικά, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α αυξανόταν από τη δυτική πλευρά του Όρμου προς την ανατολική.



Εικόνα 21. Συγκέντρωση χλωροφύλλης α ($\mu\text{g/L}$) στους παράκτιους σταθμούς LP1-LP5 (2014-2016) (για τους μήνες που δεν υπάρχουν τιμές δεν πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία).

Στους πελαγικούς σταθμούς (SP1-SP5), η συγκέντρωση της χλωροφύλλης α κυμάνθηκε από 0,28 έως 19,1 $\mu\text{g/L}$ και η υψηλότερη μέση ετήσια μετρήθηκε στον σταθμό SP3 (5,62 $\mu\text{g/L}$).

Η χρονική κατανομή της συγκέντρωσης παρουσίασε την αναμενόμενη εποχική διακύμανση. Έτσι, παρατηρήθηκε σταδιακή αύξηση από το τέλος του χειμώνα έως το μέσο της θερμής περιόδου (Ιούλιος-Αύγουστος) (Εικ. 22). Η υψηλότερη μέση μηνιαία τιμή από όλους τους σταθμούς υπολογίστηκε τον Οκτώβριο (7,1 $\mu\text{g/L}$) και η χαμηλότερη (1,01 $\mu\text{g/L}$) τον Νοέμβριο. Παρατηρήθηκε, επίσης, ότι τον Οκτώβριο υπήρξαν παρόμοιες συγκεντρώσεις σε όλους τους σταθμούς ενώ ακολούθησε μια έντονη μείωση τους δύο επόμενους μήνες. Αυτή η μεταβολή στη συγκέντρωση της χλωροφύλλης σχετίζεται με τη μείωση των θρεπτικών ιόντων του αζώτου από τον προηγούμενο μήνα (Σεπτέμβριο) και την ακόλουθη αύξηση του Νοεμβρίου (Εικ. 18, 19, 20).



Εικόνα 22. Συγκέντρωση χλωροφύλλης α ($\mu\text{g/L}$) στους πελαγικούς σταθμούς SP1-SP5 (2016).

Από τον Μάιο έως το τέλος του έτους, η μεταβολή της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης είναι παρόμοια σε όλους τους σταθμούς. Εξαιρέση αποτελεί ο αβαθής σταθμός SP3 (εκβολή Γαλλικού) στον οποίο η υψηλότερη τιμή παρατηρήθηκε τον Ιούλιο.

Στον σταθμό SP2 (αβαθή απέναντι από το αντλιοστάσιο της Παλιομάνας) τους μήνες Φεβρουάριο, Απρίλιο και Μάιο παρατηρήθηκαν υψηλότερες συγκεντρώσεις από τον Μάρτιο και Ιανουάριο. Επίσης στον ίδιο σταθμό, κατά τους μήνες Φεβρουάριο, Απρίλιο και Μάιο παρατηρήθηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις για τους μήνες αυτούς μεταξύ όλων των σταθμών. Τον Ιανουάριο, στον σταθμό SP2 παρατηρήθηκε η χαμηλότερη συγκέντρωση μεταξύ όλων των σταθμών.

Η κατανομή της χλωροφύλλης α παρουσίασε τη μεγαλύτερη διακύμανση στους σταθμούς SP5 (s=5,12) και SP3 (s=3,12), γεγονός που ενισχύει την άποψη ότι η φυσιολογία των περιοχών είναι ασταθέστερη σε σύγκριση με τους υπόλοιπους σταθμούς.

Πρέπει να σημειωθεί ότι συγκεντρώσεις χλωροφύλλης α της τάξης 10-40 $\mu\text{g/L}$ είναι τυπικές φυτοπλαγκτονικών μεγίστων (blooms) σε εύτροφα παράκτια νερά (Riley & Chester 1971), ενώ συγκεντρώσεις της τάξης των 0,05 $\mu\text{g/L}$ βρίσκονται συχνά σε άγονες τροπικές θάλασσες (Bienfang & Gundersen 1977).

Ειδικά όσον αφορά τις υψηλότερες μέγιστες συγκεντρώσεις χλωροφύλλης που καταγράφηκαν στους σταθμούς του Όρμου Θεσσαλονίκης, πρέπει να σημειωθεί ότι στον Θερμαϊκό έχουν αναφερθεί και άλλοτε αντίστοιχες συγκεντρώσεις, κοντά στις εκβολές των ποταμών (14,90 $\mu\text{g/L}$ τον Μάιο 1985) και στον Όρμο της Θεσσαλονίκης (8,70 $\mu\text{g/L}$ τον Δεκέμβριο 1984) από τους Gotsis-Skretas & Friligos (1990).

4.5. Φυτοπλαγκτό

Το σύνολο των κλάσεων και γενών που επικρατούν και αναγνωρίστηκαν στον εσωτερικό Θερμαϊκό παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Καταγράφηκαν συνολικά 86 γένη από τα οποία 28 ανήκουν στην κλάση των διατόμων (Baccillariophyceae) και 44 στην κλάση των δινοφυκών (Dinophyceae). Τα υπόλοιπα ανήκουν στην κλάση των ευγληνοφυκών (Euglenophyceae), πυριτιομαστιγωτών (Dictyochophyceae), των κρυπτοφυκών (Cryptophyceae) και των χλωροφυκών (Chlorophyceae). Καταγράφηκαν επίσης κάποια κύτταρα γλυκού νερού και κάποια κυανοβακτηρίων. Τα κύτταρα του γλυκού νερού καταγράφηκαν στους σταθμούς που είναι κοντά στη δυτική ακτή του Θερμαϊκού.

Πίνακας 2. Επικρατούσες κλάσεις και γένη φυτοπλαγκτού που αναγνωρίστηκαν στον Όρμο της Θεσσαλονίκης.

Baccillariophyceae (διάτομα)

Asteromphalus spp.
Cylindrotheca closterium
Chaetoceros spp.
Coscinodiscus sp.
Dactyliosolen spp.
Diploneis sp.
Eucampia spp.
Guinardia spp.
Helicotheca sp.
Mediophyxis sp.
Hemiaulus sp.
Leptocylindrus cf. *belgicus*
Leptocylindrus cf. *danicus*
Leptocylindrus spp.
Licmophora spp.
Lioloma spp.
Meuniera membranaceae
Navicula spp.
Nitzschia longissima
Odontella spp.
Pleurosigma sp.
Proboscia sp.
Pseudonitzschia sp.
Rhizosolenia sp.
Skeletonema sp.
Thalassionema sp.
Thalassiosira sp.
Pseudosolenia calcar-avis

Euglenophyceae (ευγληνοφύκη)

Euglena spp.

Dictyochophyceae (πυριτιομαστιγωτά)

Hermesinium spp.
Dictyocha spp.
Ebria tripartita

Dinophyceae (δινοφύκη)

Akashiwo sanguinea
Alexandrium fraterculus
Alexandrium spp.
Azadinium caudatum var. *margaleffi*
Ceratoperidinium falcatum
Corythodinium spp.
Dinophysis cf. *ovum*
Dinophysis cf. *punctata*
Dinophysis rotundata
Dinophysis sacculus
Dinophysis tripos
Diplopsalis spp.
Ebria tripartita
Gonyaulax hyalina
Gonyaulax sp.
Gymnodinium impudicum
Gymnodinium sp.
Gyrodinium dominans
Gyrodinium impudicum
Gyrodinium spirale
Gyrodinium spp.
Heterocapsa spp.
Karenia bicuneiformis
Karenia bidigitata
Karlodinium spp.
Katodinium spp.
Mesoporos spp.
Noctiluca scintillans
Oxyphysis spp.
Oxytotum spp.
Peridinium quinquecorne
Podolampas sp.
Polykrikos sp.
Prorocentrum compressum
Prorocentrum dactylum
Prorocentrum dentatum

Hermesinium spp.
Octactis octonaria

Γένη άναλου νερού

Closterium spp.
Coelastrum spp.
Crucigenia spp.
Cyclotella spp.
Monoraphidium spp.
Scenedesmus spp.
Synedra spp.

Κυανοβακτήρια

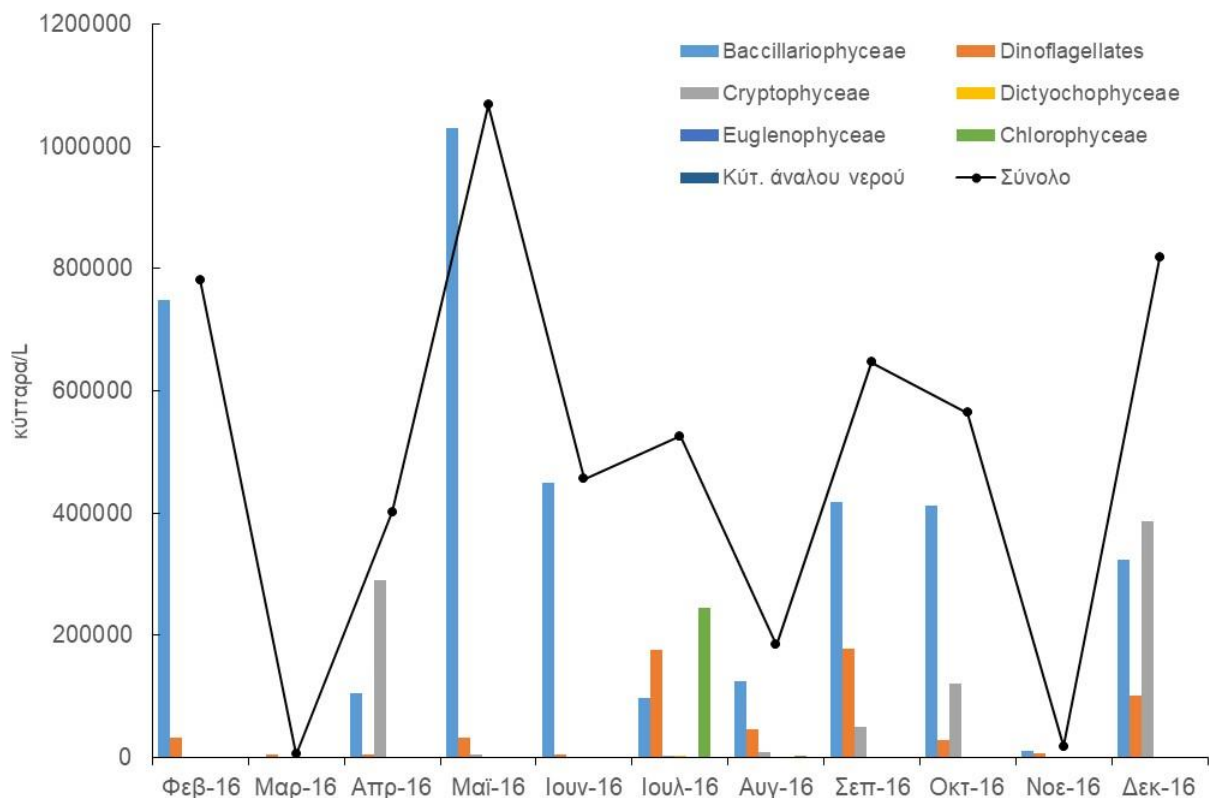
Prorocentrum gracile
Prorocentrum micans
Prorocentrum minimum
Prorocentrum rhathymum
Prorocentrum triestinum
Protoceratium reticulatum
Protoperidinium sp.
Protoperidinium triestinum

Cryptophyceae (κρυπτοφύκη)

Cryptomonas spp.

Chlorophyceae (χλωροφύκη)

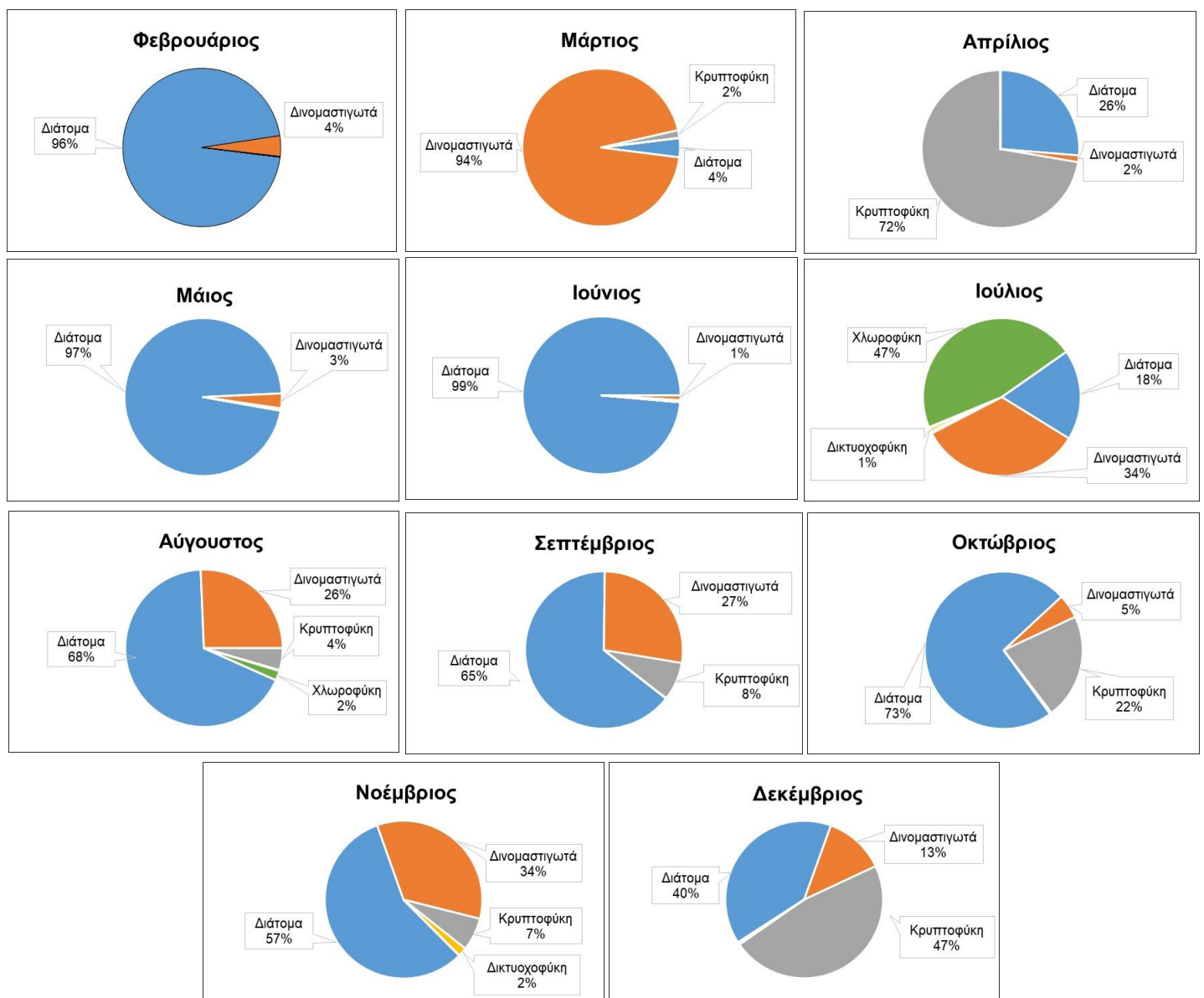
Η συνολική αφθονία κυμάνθηκε μεταξύ $1,07 \times 10^6$ κύτταρα/L έως $0,005 \times 10^6$ κύτταρα/L και παρουσίασε έντονη μεταβολή μέσα στο 2016 (Εικ. 23). Η υψηλότερη τιμή συνολικής αφθονίας από όλους τους σταθμούς καταγράφηκε τον Μάιο ($1,07 \times 10^6$ κύτταρα/L) και η χαμηλότερη τον Μάρτιο ($0,005 \times 10^6$ κύτταρα/L). Η χρονική κατανομή της αφθονίας παρουσίασε μέγιστη αύξηση κατά τη θερμή περίοδο (τέλος άνοιξης-καλοκαίρι-αρχές φθινοπώρου). Τη χαμηλή τιμή αφθονίας της ψυχρής περιόδου (Μάρτιος $0,005 \times 10^6$ κύτταρα/L) ακολούθησε, σε διάστημα δύο μηνών, η μέγιστη του έτους (Μάιος $1,07 \times 10^6$ κύτταρα/L).



Εικόνα 23. Κατανομή της αφθονίας (κύτταρα/L) επικρατουσών κλάσεων και συνολικού αριθμού κυττάρων φυτοπλαγκτού στον εσωτερικό Θερμαϊκό κόλπο.

Με την άνοδο της θερμοκρασίας παρατηρήθηκε πτώση της αφθονίας (Αύγουστος $0,18 \times 10^6$ κύτταρα/L), την οποία διαδέχθηκαν οι υψηλές τιμές του Σεπτεμβρίου και του Οκτωβρίου $0,64 \times 10^6$ κύτταρα/L και $0,57 \times 10^6$ κύτταρα/L αντίστοιχως.

Εκτός από την αρχή της άνοιξης, οπότε το μεγαλύτερο ποσοστό της συνολικής αφθονίας κατείχαν τα δινοφύκη (94 %), τα διάτομα συμμετείχαν με το υψηλότερο ποσοστό σχεδόν καθόλη τη διάρκεια του υπόλοιπου έτους. Το ποσοστό συμμετοχής των διατόμων στη συνολική βιομάζα παρουσίασε μέγιστη τιμή 99 % τον Ιούνιο και ελάχιστη 4 % τον Μάρτιο. Μόνο τον Απρίλιο και τον Δεκέμβριο οι δύο σπουδαιότερες ομάδες (διάτομα και δινοματιγωτά) δεν επικρατούσαν. Τους δύο αυτούς μήνες μεγαλύτερη συμμετοχή στη συνολική σχετική αφθονία παρουσίασαν τα κρυπτοφύκη με 72 % και 47 %, αντίστοιχα (Εικ. 24).



Εικόνα 24. Ποσοστά συμμετοχής στην ανά μήνα αφθονία των επικρατούντων ομάδων φυτοπλαγκτού (2016).

5. Παρατηρήσεις - Συμπεράσματα

Στον Όρμο του Θερμαϊκού, οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες που ασκούνται στην παράκτια ζώνη, στο πολεοδομικό συγκρότημα αλλά και στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης απορροής, σε συνδυασμό με τα φυσικά γνωρίσματα του Όρμου (μικρό άνοιγμα και βάθος κ.ά.) επιδρούν άμεσα στην τροφική κατάσταση του θαλάσσιου οικοσυστήματος.

Συγκεκριμένα:

Η κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας δεν παρουσίασε αξιόλογη μεταβολή κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου (χειμώνας και αρχή άνοιξης).

Οι μεγαλύτερες διαφορές στην κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας και της αγωγιμότητας σημειώθηκαν στους σταθμούς SP2 και SP3 και αποδίδονται κυρίως στο μικρό βάθος (>3m) και τη μικρή απόσταση από την έξοδο των στραγγιστικών αντλιοστασίων (σταθμοί πλησίον της εκβολής του ποταμού Γαλλικού).

Σε όλους τους σταθμούς και σε όλα τα βάθη, η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου παραμένει κοντά στο όριο του κορεσμού και αυτό σημαίνει ότι δεν υπήρξαν συνθήκες έλλειψης οξυγόνου.

Η συγκέντρωση των φωσφορικών και των πυριτικών παρουσιάζει μείωση από τη δεκαετία του '90 έως το 2016. Οι σταθμοί στα δυτικά και κοντά στην εκβολή του Γαλλικού ποταμού (αβαθή) εμφανίζουν τις μεγαλύτερες τιμές και μοιάζουν να επηρεάζονται από την είσοδο του εμπλουτισμένου άναλου νερού του ποταμού.

Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών, νιτρικών και αμμωνιακών ιόντων ήταν υψηλότερες στους αβαθής σταθμούς, και κυρίως στον σταθμό που βρίσκεται κοντά στην εκβολή του Γαλλικού ποταμού, πιθανότατα εξαιτίας της εισόδου εμπλουτισμένου νερού.

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης *a* παρουσίασε την αναμενόμενη εποχιακή διακύμανση (αύξηση από το τέλος του χειμώνα έως τον Ιούλιο-Αύγουστο), με τη μεγαλύτερη διακύμανση να παρατηρείται στους αβαθής σταθμούς (γεγονός που ενισχύει την άποψη ότι η φυσιογνωμία της περιοχής πλησίον της εκβολής του Γαλλικού ποταμού είναι περισσότερο ασταθής σε σύγκριση με τους υπόλοιπους σταθμούς).

Καταγράφηκαν συνολικά 86 γένη φυτοπλαγκτικών οργανισμών, κυρίως θαλάσσιων, και κυανοβακτήρια. Κάποια κύτταρα των εσωτερικών υδάτων καταγράφηκαν στους αβαθής σταθμούς στα δυτικά της πόλης. Τα διάτομα επικρατούσαν τους περισσότερους μήνες του έτους.

Σύμφωνα με τους Pagou *et al.* 2008 (κλίμακα τροφικού επιπέδου, Πιν. 3), ο Θερμαϊκός παρουσιάζει γνωρίσματα υψηλής μεσοτροφικής και ευτροφικής περιοχής.

Πίνακας 3. Κλίμακα τροφικού επιπέδου βασισμένη σε θρεπτικά ιόντα (μM), χλωροφύλλη α ($\mu\text{g/L}$) και αφθονία (κύτταρα/L) (Pagou *et al.* 2008)

Παράμετρος	Ολιγοτροφική	Κατώτερη μεσοτροφική	Υψηλή μεσοτροφική	Ευτροφική	1975-1976 (Friligos <i>et al.</i> 1982)	1984-1985 (Gotsis-Scretas <i>et al.</i> 1990)	1992-1993 (ΕΛΚΕΘΕ 1994)	2016
Χλω-α	<0,10	0,10-0,60	0,60-2,21	>2,21	0,10-2,60	1,64-8,70	0,15-18,50	0,30-19,01
Νιτρικά	<0,62	0,62-0,65	0,65-1,19	>1,19	0,40-2,92	0,04-1,02	0,04-4,07	0,10-0,85
Αμμωνιακά	0,55	0,55-1,05	1,05-2,20	>2,20	0,40-5,00	0,20-1,83	0,08-3,41	0,01-0,42
Φωσφορικά	<0,07	0,07-0,14	0,14-0,68	>0,68	0,11-0,33	0,10-1,03	0,04-1,54	0,21-1,5
Φυτοπλαγκτό	< $6\chi 10^3$	$6\chi 10^3 - 1,5\chi 10^3$	$1,5\chi 10^3 - 9,6\chi 10^3$	> $9,6\chi 10^3$				

6. Βιβλιογραφία

- Bienfang P.J. and K. Gundersen. 1977. Light effect on nutrient-limited oceanic primary production. *Mar. Biol.*, 43: 187-191.
- Cooper L.H.N. 1933. Chemical constituents of biological importance in the English Channel, November 1930 to January 1932. Part I. Phosphate, silicate, nitrate, nitrite, ammonia. *J. of Mar. Biol. Ass.*, Vol. XVIII, No. 2, p 677.
- Flynn K.J., Clark D.R., Mitra A., Fabian H., Hansen P.J, Glibert P.M., Wheeler G.L., Stocker D.K., Blackford J.C. and C. Brownlee. 2015. Ocean acidification with (de)eutrophication will alter future phytoplankton growth and succession. *Proc. R. Soc. B* 282. Issue 1804. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Societ.*
- Friligos N and T. Kousouris. 1982. Preliminary observations on sewage nutrient enrichment and phytoplankton ecology in the Thermaikos Gulf, Thessaloniki, Greece. *Vie et Milieu*, 34 (1), pp 35-39.
- Gotsis-Skretas, O. and N. Friligos. 1990. Contribution to eutrophication and phytoplankton ecology in the Thermaikos Gulf. *Thalassographica*, Vol. 13, suppl. 1.
- HMSO. 1980. Methods for the examination of waters and associated materials. The determination of chlorophyll a in aquatic environments.
- Intergovernmental Oceanographic Commission of ©UNESCO. 2010. Karlson, B., Cusack, C. and Bresnan, E. (editors). *Microscopic and molecular methods for quantitative phytoplankton analysis*. Paris, UNESCO. (IOC Manuals and Guides, no. 55.) (IOC/2010/MG/55) 110 pages.
- Karleskint G. 1998. *Introduction to marine biology*. Harcourt Brace & Company. p.378
- Kennish M.J. 1997. *Practical handbook of estuarine and marine pollution*. CRC Press.
- Kennish M.J. 2001. *Practical Handbook of Marine Science*, 3rd ed. CRC Press.
- Kombiadou K. and I.Y. Krestenitis. 2012. Fine sediment transport model for river influenced microtidal shelf seas with application to the Thermaikos Gulf (NW Aegean Sea). *Continental Shelf Research*, Vol. 36, pp 41-62.
- Liddicoat M.I., Tibbitts S. and E.I. Butler. 1975. The determination of ammonia in seawater. *Limn. Ocean.* Vol. 20, Iss. 1, pp 131-132.
- Liddicoat M.I., Tibbitts S. and E.I. Butler. 1976. The determination of ammonia in natural waters. *Water Research*, Vol. 10, pp 567-568.
- OSPAR Agreement. 2012-11. *Joined Assessment Monitoring Programme Eutrophication Monitoring Guidelines: Chlorophyll a in water*.
- Pagou K., Siokou-Frangou, I. and E. Papathanassiou. 2008. Nutrients and their ratios in relation to eutrophication and HAB occurrence. The case of Eastern Mediterranean coastal waters. https://circabc.europa.eu/webdav/CircaBC/Joint%20Research%20Centre/jrc_eewai/Library/intercalibration/intercalibration_2/technical_versions/tr_feb08/coastaltransitional/mediterranean/Section%203_Annex%20I_Greece.pdf

- Papush L. and Å. Daniellson. 2006. Silicon in the marine environment: Dissolved silica trends in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 67: 53-66.
- Paytan, A. and K. McLaughlin. 2007. The oceanic phosphorus cycle. *Chem. Rev.*, 107, 503-576.
- Pinet P.R. 1998. *Invitation to Oceanography*, Jones and Bartlett Publishers, Sudbury, MA.
- Rakestraw N.W. 1936. The occurrence and significance of nitrite in the sea. *The Biological Bulletin*, vol. 71 No. 1, pp 133-167.
- Riley J.P. and R. Chester. 1971. *Introduction to marine chemistry*. Academic Press, London and New York.
- Strickland J.D.H. and T.R. Parsons. 1968. *A Practical Handbook of Seawater Analysis*. Ottawa: Fisheries Research Board of Canada, Bulletin 167, 293 pp.
- Tréguer P., Nelson D.M., Van Bennekom A.J., DeMaster D.J., Leynaert A., Quequiner B. 1995. The silica balance in the world ocean: a re-estimate. *Science* 268: 375-379.
- Wei-Jun Cai, Xinping Hu, Wei-Jen Huang, Michael C. Murrell, John C. Lehrter, Steven E. Lohrenz, Wen-Chen Chou, Weidong Zhai, James T. Hollibaugh, Yongchen Wang, Pingsan Zhao, Xianghui Guo, Kjell Gundersen, Minhan Dai and Gwo-Ching Gong. 2011. Acidification of subsurface coastal waters enhanced by eutrophication *Nature Geoscience* 4: 766–770.
- ΑΠΘ 1993. Παρακολούθηση της ποιότητας των αποβλήτων της πόλεως Θεσσαλονίκης και του αποδέκτη Θερμαϊκού στην περιοχή ανατολικού αντλιοστασίου Χαλάστρας. Τμ. Κτηνιατρικής Εργ. Οικολογίας & Προστασίας Περιβάλλοντος, Τμ. Χημείας, Εργ. Αναλυτικής Χημείας.
- ΕΛΚΕΘΕ 1994. Ωκεανογραφική μελέτη Θερμαϊκού Κόλπου, Τελική Τεχνική Έκθεση.
- ΕΛΚΕΘΕ 2015. Τεχνική Έκθεση: Αποτελέσματα των ωκεανογραφικών πλοών της περιόδου 2014-2015. Επ. Π. Παναγιωτίδης.
- Μουστάκα-Γούνη Μ. 1997. Ωκεανογραφία, Μια βιολογική προσέγγιση. Εκδόσεις EXIN.
- Φυτιάνος Κ. 1996. Η ρύπανση των θαλασσών. University Studio Press, Β' έκδοση.