

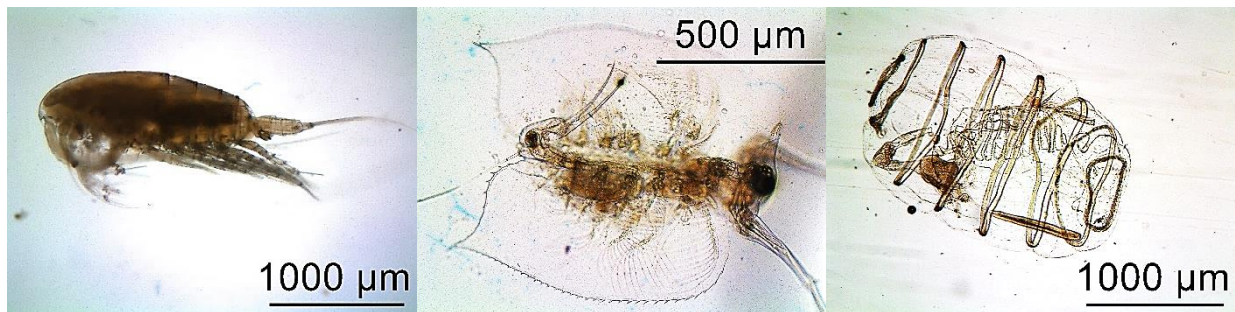


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
UNIVERSITY OF CRETE



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

Χωρική & βαθυμετρική κατανομή
μεσοζωπλαγκτού στο Θερμαϊκό Κόλπο



Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία

Όλγα Αναδολή

Ηράκλειο 2023

Επιβλέποντες:

Δρ. Στυλιανός Σωμαράκης (Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών)

Αν. Καθ. Ευαγγελία Μιχαλούδη (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης)

Τριμελής εξεταστική επιτροπή:

Δρ. Στυλιανός Σωμαράκης (Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών)

Αν. Καθ. Ευαγγελία Μιχαλούδη (Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης)

Καθ. Γεώργιος Κουμουνδούρος (Πανεπιστήμιο Κρήτης)

Πρόλογος

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στο εργαστήριο Αλιευτικής Βιολογίας του ΙΘΑΒΙΠΕΥ, ΕΛΚΕΘΕ με επιβλέποντες τον Δρ. Στυλιανό Σωμαράκη, Διευθυντή Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) και την Δρ. Ευαγγελία Μιχαλούδη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τους επιβλέποντες μου, Δρ. Στυλιανό Σωμαράκη και Δρ. Ευαγγελία Μιχαλούδη, τόσο για τη στήριξη που μου παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια της μεταπτυχιακής μου διατριβής αλλά και για την συνεχή καθοδήγηση τους μέχρι την ολοκλήρωσή της. Η πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την δική τους υποστήριξη, η οποία ήταν ιδιαίτερα επιμορφωτική και με βοήθησε να καλλιεργηθώ σε πολλαπλούς τομείς στο αντικείμενο μελέτης μου και στην επιστημονική μου κατάρτιση γενικότερα.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω των Δρ. Στράτο Μπατζιάκα, ο οποίος μου παρείχε συνεχή βοήθεια και στήριξη τόσο στα τεχνικά θέματα της εργασίας, όσο και σε προσωπικό επίπεδο και ήταν πρόθυμος να απαντήσει σε όλα μου τα ερωτήματά όποτε χρειαζόταν.

Επιπλέον, θερμές ευχαριστίες οφείλω και στον Δρ. Γεώργιο Κουμονδούρο, καθηγητή του Πανεπιστημίου Κρήτης, ο οποίος δέχτηκε να είναι μέλος της εξεταστικής μου επιτροπής.

Τέλος, ευχαριστώ ιδιαιτέρως την καλή μου φίλη Ρούλα Αλ Μπελμπέισι, η οποία με στήριξε σε όλα τα στάδια αυτού του μεταπτυχιακού και όλους τους εργαζόμενους και φοιτητές του εργαστηρίου αλιείας για την ένθερμη υποδοχή τους και το πολύ φιλικό κλίμα εργασίας.

Περίληψη

Το μεσοζωοπλαγκτό αποτελείται από υδρόβια μετάζωα μεγέθους 200 μm έως 20 mm, τα οποία δεν έχουν ικανότητα ενεργητικής κολύμβησης ενάντια στα ρεύματα. Οι οργανισμοί αυτοί διαδραματίζουν μείζονα ρόλο στο πελαγικό τροφικό πλέγμα, αποτελώντας το συνδετικό κρίκο μεταξύ του φυτοπλαγκτού και των μικρών πελαγικών ψαριών. Η κατανομή του μεσοζωοπλαγκτού μεταβάλλεται τόσο σε οριζόντια όσο και σε κατακόρυφη διάσταση, ωστόσο οι μελέτες κατακόρυφης κατανομής των ζωοπλαγκτικών οργανισμών σπανίζουν στη Μεσόγειο. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η μελέτη της χωρικής και της βαθυμετρικής κατανομής του μεσοζωοπλαγκτού στο Θερμαϊκό Κόλπο. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία σε εννέα σταθμούς και σε πέντε υδάτινα στρώματα ανά σταθμό (NET1, NET2, NET3, NET4 και NET5) στο εξωτερικό κομμάτι του Κόλπου τον Ιούνιο 2016. Το ενδιάμεσο στρώμα δειγματοληψίας (NET3) διέτρεχε την πιθανή μέγιστη πλαγκτική βιομάζα, όπως αυτή εντοπιζόταν επί τόπου από το ηχοβολιστικό όργανο του σκάφους (στρώμα μέγιστης πλαγκτικής ακουστικής ανάκλασης). Τα δείγματα μεσοζωοπλαγκτού αναγνωρίστηκαν στο κατώτερο δυνατό ταξινομικό επίπεδο, καταμετρήθηκε η αφθονία των οργανισμών και υπολογίστηκε η βιομάζα τους βάσει εξισώσεων μήκους βάρους από τη βιβλιογραφία. Η παρούσα εργασία αποτελεί την πρώτη ανάλυση μικρής κλίμακας βαθυμετρικής κατανομής μεσοζωοπλαγκτού στην ανατολική Μεσόγειο. Η συνολική αφθονία του μεσοζωοπλαγκτού παρουσίασε αυξητική τάση από τα βαθύτερα προς τα ρηχότερα στρώματα της στήλης του νερού, ενώ η βιομάζα παρουσίασε μέγιστα στο επιφανειακό στρώμα και το στρώμα μέγιστης ακουστικής ανάκλασης. Τα κωπήποδα κυριάρχησαν στα βαθύτερα στρώματα, ενώ τα βυτιοειδή ήταν άφθονα σε όλη τη στήλη του νερού, παρουσιάζοντας μέγιστο στο στρώμα NET3. Οι κατακόρυφες κατανομές των ζωοπλαγκτικών οργανισμών παρουσίασαν διακριτά πρότυπα: κυριαρχία των κωπηποδιτών *Clausocalanus* spp., *Mesocalanus tenuicornis*, του καλανοειδούς *Clausocalanus peregens* και των κωπηλατών *Fritillaria* στα βαθιά στρώματα και κοντά στο μέγιστο χλωροφύλλης και κυριαρχία των κλαδοκερωτών *Penilia avirostris* και *Evadne spinifera* και των κωπηπόδων *Paracalanus* spp. και *Temora stylifera* στα επιφανειακά στρώματα πάνω από το θερμοκλινές. Στα ενδιάμεσα στρώματα πιο άφθονα κωπήποδα ήταν τα *Clausocalanus jobei*, *Oithona plumifera* και *Oncaea media*. Αξιοσημείωτη ήταν η κυριαρχία του κλαδοκερωτού *P. avirostris* στο επιφανειακό

στρώμα όπου παρουσίασε αφθονίες μέχρι και 2179 άτομα m^{-3} , καθώς ευνοήθηκε από τις υψηλές θερμοκρασίες των παράκτιων νερών του Θερμαϊκού Κόλπου κατά τη θερινή περίοδο διαστρωμάτωσης της υδάτινης στήλης.

Abstract

Mesozooplankton is consisted of aquatic metazoans that range in size between 200 μm and 20 nm and are not able to actively swim against the water currents. These organisms play a major role in the pelagic food webs being the connecting link between phytoplankton and small pelagic fish. Mesozooplankton distribution changes both horizontally and vertically, however investigations on the vertical distribution of zooplanktonic organisms are scant in the Mediterranean Sea. The aim of the present thesis was to study the spatial and vertical distribution of mesozooplankton in Thermaikos Gulf during the summer stratification period. For this purpose, zooplankton samples were collected over a grid of nine stations and five layers per station (NET1, NET2, NET3, NET4 and NET5) in the outer part of the Gulf during June 2016. The intermediate sampling layer (NET3) included the zone with presumably highest plankton biomass as inferred by the research vessel's echosounder (layer of maximum planktonic echo). In the laboratory, mesozooplankton organisms were identified to the lowest possible taxonomic level and their numbers were measured. Furthermore, their biomass was estimated based on length-weight equations reviewed and compiled from the literature. To our knowledge, this is the first study on small-scale bathymetric distribution of mesozooplankton in the eastern Mediterranean. Total abundance of mesozooplankton increased from the deepest to the shallowest layer of the water column while biomass was higher in the surface layer and the layer of maximum acoustic backscattering. Copepods dominated the deeper layers while doliolids were abundant across the entire water column, presenting maximum abundance in NET3. Vertical distributions of zooplanktonic organisms exhibited distinctive patterns: dominance of *Clausocalanus* spp. and *Mesocalanus tenuicornis* copepodites, the calanoid *Clausocalanus peregens* and the appendicularians *Fritillaria* in the deeper layers, close to the chlorophyll maximum and dominance of the cladocerans *Penilia avirostris* and *Evadne spinifera* as well as the copepods

Paracalanus spp. and *Temora stylifera* in the layers above the thermocline. The most abundant copepods in intermediate layers were *Clausocalanus jobei*, *Oithona plumifera* and *Oncaea media*. Finally, the cladoceran *P. avirostris* markedly dominated the surface layer exhibiting abundances up to κατ 2179 individuals m⁻³. The latter is particularly benefitted from the high temperatures in Thermaikos Gulf's coastal waters during the summer stratification period.

Περιεχόμενα

| | |
|--|----|
| 1. Εισαγωγή..... | 1 |
| 1.1 Γενικά | 1 |
| 1.2 Κύριες ομάδες μεσοζωοπλαγκτού | 4 |
| 1.2.1 Κωπήποδα | 4 |
| 1.2.2 Κλαδοκερωτά | 5 |
| 1.2.3. Ζελατινώδεις ζωοπλαγκτό..... | 6 |
| 1.2 Βαθυμετρική κατανομή ζωοπλαγκτού | 7 |
| 2. Σκοπός..... | 10 |
| 3. Μεθοδολογία..... | 10 |
| 3.1. Περιοχή έρευνας | 10 |
| 3.2. Δειγματοληψία..... | 13 |
| 3.3. Εργαστηριακή ανάλυση | 15 |
| 3.3.1. Αναγνώριση μεσοζωοπλαγκτού | 15 |
| 3.3.2. Καταμέτρηση αφθονίας μεσοζωοπλαγκτού | 16 |
| 3.3.3. Υπολογισμός βιομάζας μεσοζωοπλαγκτού | 17 |
| 3.4. Στατιστική ανάλυση | 23 |
| 4. Αποτελέσματα | 24 |
| 4.1 Φυσικοχημικές μεταβλητές | 24 |
| 4.2. Σύνθεση ειδών | 28 |
| 4.3 Αφθονία μεσοζωοπλαγκτού | 30 |
| 4.4. Βιομάζα μεσοζωοπλαγκτού | 42 |
| 5. Συζήτηση | 50 |
| 5.1. Φυσικοχημικές μεταβλητές | 50 |
| 5.2. Σύνθεση ειδών | 52 |
| 5.3 Αφθονία μεσοζωοπλαγκτού | 57 |
| 5.3.1. Διαφοροποίηση σταθμών δειγματοληψίας..... | 57 |
| 5.3.2. Διαφοροποίηση στρωμάτων δειγματοληψίας | 58 |
| 5.3.2.1. Κύριες ομάδες μεσοζωοπλαγκτού | 58 |
| 5.3.2.2. Βιοκοινότητα κωπηπόδων και κλαδοκερωτών | 61 |
| 5.4. Βιομάζα μεσοζωοπλαγκτού | 67 |

| | |
|-----------------------|----|
| 6. Συμπεράσματα..... | 69 |
| 7. Βιβλιογραφία | 72 |
| 7.1 Ελληνική | 72 |
| 7.2 Ξενόγλωσση | 72 |
| 8. Παράρτημα | 82 |

1. Εισαγωγή

1.1 Γενικά

Ο όρος πλαγκτό χαρακτηρίζει τους υδρόβιους οργανισμούς που δεν έχουν την ικανότητα ενεργής κολύμβησης ενάντια στα ρεύματα (Harris *et al.*, 2000). Το ζωπλαγκτό αναφέρεται στους ζωικούς πλαγκτικούς οργανισμούς οι οποίοι διαχωρίζονται από το φυτοπλαγκτό βάσει του τρόπου με τον οποίο τρέφονται (ετερότροφοι, φαγότροφοι) (Harris *et al.*, 2000). Οι ζωπλαγκτικοί οργανισμοί μπορούν να διαχωριστούν σε ολοπλαγκτικούς ή μεροπλαγκτικούς, ανάλογα με το χρόνο παραμονής τους στον πλαγκτικό τρόπο ζωής (Harris *et al.*, 2000). Στο ολοπλαγκτό ανήκουν οι οργανισμοί που παραμένουν πλαγκτικοί σε όλα τα στάδια της ζωής τους, ενώ οι οργανισμοί που ανήκουν στο μεροπλαγκτό αλλάζουν από πλαγκτό σε νηκτό ή βένθος κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης τους (Harris *et al.*, 2000). Το μεροπλαγκτό αποτελείται από τις προνύμφες διαφόρων οργανισμών, όπως ιχθύων, δεκαπόδων, διθύρων, γαστεροπόδων, πολυχαίτων, θυσσανοπόδων, φορονίδων κ.α.

Από ταξινομική άποψη, οι οργανισμοί που ανήκουν στο ζωπλαγκτό περιλαμβάνουν σχεδόν όλα τα ζωικά φύλα και καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα μεγεθών. Βάσει της κατηγοριοποίησης των Sieburth *et al.* (1978), οι ζωπλαγκτικοί οργανισμοί καλύπτουν τέσσερις τάξεις μεγεθών και διαχωρίζονται σε: μικροζωπλαγκτό (20-200 μm), μεσοζωπλαγκτό (0,2-20 mm), μακροζωπλαγκτό (2-20 cm) και μεγαζωπλαγκτό (20-200 cm). Το μέγεθος σώματος καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τις τροφικές σχέσεις στα πελαγικά τροφικά πλέγματα, καθώς οι περισσότεροι θηρευτές καταπίνουν ολόκληρη τη λεία τους (Harris *et al.*, 2000).

Οι ζωπλαγκτικοί οργανισμοί διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στο πελαγικό τροφικό πλέγμα καθώς μεταφέρουν την ενέργεια και την ύλη από τους πρωτογενείς παραγωγούς στους ανώτερους καταναλωτές και λειτουργούν σε πολλά επίπεδα, ως καταναλωτές, παραγωγοί ή λεία (Harris *et al.*, 2000). Επίσης, έχουν πρωταρχικό ρόλο στην ανακύκλωση των θρεπτικών στη στήλη του νερού (Mitra *et al.*, 2014) και συμβάλλουν στην εξαγωγή σωματιδιακού οργανικού άνθρακα μέσω της παραγωγής και βύθισης σωματιδιακών

κοπράνων, βλεννοδών ιστών τροφοληψίας (κωπηλάτες), εξωσκελετών καρκινοειδών κ.α. (Steinberg & Landry, 2017). Στο τροφικό πλέγμα, το φυτοπλαγκτό, που αποτελεί την πρωτογενή παραγωγή, καταναλώνεται από το «φυτοφάγο» ζωοπλαγκτό (Mitra *et al.*, 2014). Οι φυτοφάγοι ζωοπλαγκτικοί οργανισμοί καταναλώνουν περισσότερο από το 40% της πρωτογενούς φυτοπλαγκτικής παραγωγής (Frangoulis *et al.*, 2005). Στη συνέχεια, το «φυτοφάγο» ζωοπλαγκτό καταναλώνεται από το «σαρκοφάγο» ζωοπλαγκτό, το οποίο με τη σειρά του αποτελεί τροφή για τα μικρά πελαγικά ψάρια που καταναλώνονται από μεγαλύτερα ψάρια (Mitra *et al.*, 2014). Ωστόσο, η ακολουθία αυτή δεν είναι απόλυτη, και οι τροφικοί δεσμοί στα πελαγικά τροφικά πλέγματα ενδέχεται να είναι πολύ περισσότεροι και περίπλοκοι απ' ότι στην παραπάνω περιγραφή (Sommer *et al.*, 2018). Οι Sommer *et al.* (2018) επισημαίνουν ότι μια πελαγική τροφική αλυσίδα μπορεί να περιέχει μέχρι και 20 περίπου τροφικά επίπεδα, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις πλαγκτικές τροφικές ομάδες που εμπλέκονται και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους. Επιπλέον, από τη δεκαετία του 1980 και έπειτα, αναδείχθηκε και ο ρόλος του μικροβιακού τροφικού πλέγματος και του μικροβιακού βρόχου στους πλαγκτικούς οργανισμούς (Mitra *et al.*, 2014). Βάσει του μικροβιακού βρόχου, ο διαλυμένος οργανικός άνθρακας (DOC) επανεισέρχεται στο τροφικό πλέγμα μέσω της μικροβιακής δραστηριότητας (βακτήρια και κυανοβακτήρια) (Mitra *et al.*, 2014). Τα βακτήρια και το φυτοπλαγκτό θηρεύονται από πρωτοζωοπλαγκτικούς οργανισμούς (μικροζωοπλαγκτό), οι οποίοι αποτελούν επιπλέον πηγή τροφής για το ζωοπλαγκτό (Mitra *et al.*, 2014). Έχει δειχθεί ότι το μικροζωοπλαγκτό αποτελεί το συνδεδεμένο κρίκο μεταξύ του κλασικού και του μικροβιακού τροφικού πλέγματος (Mitra *et al.*, 2014). Γενικότερα, το ζωοπλαγκτό επηρεάζεται γρήγορα και σε μεγάλο βαθμό από τις αλλαγές των περιβαλλοντικών παραγόντων, γεγονός που επιδρά στα ανώτερα τροφικά επίπεδα, όπως οι ιχθυονύμφες και τα πλαγκτοφάγα ψάρια (Feuilloley *et al.*, 2022). Η μελέτη της μεταβλητότητας του ζωοπλαγκτού, ως προς την ποικιλότητα (ταξινομική σύνθεση), το μέγεθος σώματος και την πυκνότητά του, είναι αναγκαία για τη κατανόηση των επιδράσεων του στους ανώτερους καταναλωτές (Feuilloley *et al.*, 2022).

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την κατανομή του ζωοπλαγκτού είναι το βάθος, η τροφική κατάσταση και η θερμοκρασία της υδάτινης στήλης (Harris *et al.*, 2000). Οι ζωοπλαγκτικοί οργανισμοί καταλαμβάνουν κυρίως την επιπελαγική (0-200 m βάθος) και τη

μεσοπελαγική ζώνη (200-1000 m βάθος), ενώ στη βαθυπελαγική ζώνη (κάτω από 1000 m βάθος) η συγκέντρωσή τους μειώνεται ραγδαία με το βάθος (Harris *et al.*, 2000). Επίσης, η ποικιλότητα του ζωπλαγκτού επηρεάζεται έντονα από το γεωγραφικό πλάτος, ως συνέπεια του θερμοκρασιακού καθεστώτος (Harris *et al.*, 2000). Γενικότερα, η ποικιλότητα των ζωπλαγκτικών οργανισμών μεγιστοποιείται στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές και ελαχιστοποιείται στα ακραία περιβάλλοντα όπως οι πολικές ζώνες και τα υφάλμυρα νερά (Harris *et al.*, 2000). Ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει τη ζωπλαγκτική παραγωγή είναι η εγγύτητα με την ακτή. Στα παράκτια νερά, οι φυσικο-χημικές και βιολογικές συνθήκες (παράκτιος ευτροφισμός, εκροές ποταμών κ.α.) είναι εξαιρετικά μεταβλητές και μπορούν να προκαλέσουν επεισοδιακές εκρήξεις πλαγκτικής βιομάζας, σε αντίθεση με τις ωκεάνιες περιοχές όπου η παραγωγή παραμένει κυρίως σταθερή (Saiz *et al.*, 2014). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η αφθονία του μεσοζωοπλαγκτού να παρουσιάζει μικρότερες εποχικές διακυμάνσεις στα ανοιχτά, σε σχέση με τα παράκτια νερά (Saiz *et al.*, 2014).

Η έρευνα των ζωπλαγκτικών οργανισμών γίνεται παραδοσιακά με τη λήψη δειγμάτων από την υδάτινη στήλη, είτε μέσω διήθησης με τη χρήση διχτυών, είτε με τη συλλογή δειγμάτων νερού με φιάλες και αντλίες (Harris *et al.*, 2000). Πλέον, έχουν αναπτυχθεί καινούργιοι αισθητήρες, όργανα και μέθοδοι (ακουστικά, οπτικές αναλύσεις, γενετικά) για την ανάλυση των βιοκοινοτήτων και των χωροχρονικών κατανομών του πλαγκτού (Lombard *et al.*, 2019). Ειδικότερα, η ανάπτυξη των ακουστικών μεθόδων είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για την ανάλυση της χωρικής κατανομής και των εποχικών προτύπων των ζωπλαγκτικών οργανισμών (Lombard *et al.*, 2019). Η δυνατότητα των ακουστικών εργαλείων να εντοπίζουν άμεσα οργανισμούς μεγάλου εύρους μεγεθών (μικρότερους από χιλιοστό και μεγαλύτερους από μέτρο), όταν επιλέγονται οι κατάλληλες συχνότητες, επιτρέπει τη διερεύνηση των οικολογικών διαδικασιών στις πλαγκτικές βιοκοινότητες (Lombard *et al.*, 2019). Ωστόσο, η ανάλυση των πλαγκτικών οργανισμών με ακουστικές μεθόδους ενέχει πολλές προκλήσεις, καθώς το πλαγκτό ποικίλλει έντονα στο μέγεθος, τη σύνθεση ειδών, τις ιδιότητες και τον προσανατολισμό του (Lombard *et al.*, 2019). Η περιπλοκότητα των πλαγκτικών κοινωνιών δυσκολεύει την αναγνώριση των τάξεων και την εύρεση της βιομάζας με ακουστικές μεθόδους (Lombard *et al.*, 2019). Από την άλλη πλευρά, η κλασική μέθοδος δειγματοληψίας με δίχτυα που διηθούν στη στήλη του νερού δεν

αντιπροσωπεύει εξίσου όλα τα μεγέθη και είδη των ζωοπλαγκτικών οργανισμών λόγω του περιορισμού που δημιουργεί το μέγεθος ματιού των δίχτυων (Trenkel *et al.*, 2011) και της δυνατότητας πολλών οργανισμών να αποφεύγουν τα δίχτυα (Harris *et al.*, 2000). Ειδικότερα, οι περισσότερες έρευνες ζωοπλαγκτού στην ανατολική Μεσόγειο έχουν προέλθει από δειγματοληψίες με χρήση δίχτυων που έχουν άνοιγμα ματιού 200 μm ή και μεγαλύτερο (Zervoudaki *et al.*, 2006). Αυτό έχει συνήθως ως αποτέλεσμα την υποτίμηση της βιομάζας και της αφθονίας των μικρότερων σε μέγεθος τάξων και των αναπτυξιακών σταδίων πολλών οργανισμών (Zervoudaki *et al.*, 2006). Έρευνες που βασίστηκαν σε δείγματα που πάρθηκαν με δίχτυα μεγέθους ματιού μικρότερο από 200 μm, έδειξαν κυριαρχία των μικρών κωπηπόδων, τόσο στην αφθονία όσο και στη βιομάζα του ζωοπλαγκτού (Zervoudaki *et al.*, 2006). Επιπλέον, ο συνδυασμός των ακουστικών και κλασικών μεθόδων δειγματοληψίας μπορεί να στηρίξει μια πιο ολοκληρωμένη ανάλυση των ζωοπλαγκτικών κοινωνιών. Ως εκ τούτου, είναι σύνηθες να χρησιμοποιούνται ηχοβολιστικά για να βρεθούν οι περιοχές που μεταβάλλονται τα πρότυπα κατανομής ή μεγιστοποιείται η βιομάζα των ζωοπλαγκτικών οργανισμών σε κατακόρυφη και οριζόντια κλίμακα, και στη συνέχεια να πραγματοποιείται δειγματοληψία με τις κλασικές μεθόδους (π.χ. δίχτυα) στις περιοχές αυτές (Harris *et al.*, 2000).

1.2 Κύριες ομάδες μεσοζωοπλαγκτού

1.2.1 Κωπήποδα

Τα κωπήποδα αντιπροσωπεύουν την κυριότερη ομάδα του ζωοπλαγκτού, είναι κοσμοπολίτικα και αποτελούν τα πιο άφθονα πολυκύτταρα ζώα στον πλανήτη (Richardson, 2008). Έως τώρα έχουν αναγνωριστεί περίπου 11500 είδη θαλάσσιων κωπηπόδων (Walter & Boxshall, 2023), με πιο άφθονη την τάξη των καλανοειδών. Τα πελαγικά κωπήποδα είναι μικρά καρκινοειδή με τορπιλοειδές σχήμα σώματος, τα οποία τρέφονται είτε στήνοντας ενέδρα στη λεία τους, είτε δημιουργώντας ρεύματα νερού προς τη στοματική τους περιοχή με τη κίνηση των στοματικών εξαρτημάτων ή και των κολυμβητικών ποδιών (Kjørboe, 2011). Πολλά κωπήποδα έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν και τους δύο τρόπους τροφοληψίας

(Kjørboe, 2011). Όσον αφορά την αναπαραγωγή των κωπηπόδων, γίνεται μόνο φυλετικά, γεγονός που τους προσδίδει πολλά εξελικτικά πλεονεκτήματα (απομάκρυνση βλαβερών μεταλλαγών, προώθηση «καλών» γονιδίων μέσω της επιλογής συντρόφου κ.α.), αλλά απαιτεί μεγάλα ποσά ενέργειας για τη συνεύρεση των θηλυκών και αρσενικών ατόμων στη στήλη του νερού (Kjørboe, 2011). Τέλος, η ομάδα των κωπηπόδων κυριαρχεί στην αφθονία του μεσοζωπλαγκτού της Μεσογείου, συνεισφέροντας στο 55-65% σε ετήσια βάση, ποσοστό που αυξάνεται σημαντικά την περίοδο του χειμώνα και της άνοιξης (Saiz *et al.*, 2014).

1.2.2 Κλαδοκερωτά

Η ομάδα των κλαδοκερωτών απαντάται κυρίως στα εσωτερικά ύδατα και σύμφωνα με τους Eglhoff *et al.* (1997) αντιπροσωπεύεται μόνο από οχτώ πραγματικά θαλάσσια είδη. Παρόλο που τα κλαδοκερωτά χαρακτηρίζονται από μικρή ποικιλότητα στα θαλάσσια οικοσυστήματα, κυριαρχούν στο μεσοζωπλαγκτό πολλών εύκρατων και τροπικών παράκτιων υδάτων τους καλοκαιρινούς μήνες (Turner *et al.*, 1988, Kim *et al.*, 1989, Mazzocchi & Ribera d'Alcalà, 1995, Atienza *et al.*, 2016, Karagianni *et al.*, 2019). Η κυριαρχία των κλαδοκερωτών σε ευνοϊκές συνθήκες οφείλεται στην παρθενογενετική αναπαραγωγή, τους υψηλούς ρυθμούς ανάπτυξης, το μεγάλο μέγεθος των νεογέννητων και το μικρό χρόνο γενεάς (Eglhoff *et al.* 1997, Atienza *et al.*, 2016). Όσον αφορά τον τρόπο τροφοληψίας, τα περισσότερα θαλάσσια κλαδοκερωτά είναι αρπακτικοί θηρευτές που έχουν εξελίξει καλά ανεπτυγμένους οφθαλμούς, με μοναδική εξαίρεση το κοσμοπολίτικο είδος *Penilia avirostris* που είναι διηθηματοφάγο (Atienza *et al.*, 2016). Η λεία του κλαδοκερωτού *P. avirostris* καλύπτει ένα ευρύ φάσμα μεγεθών (από μαστιγωτά <2 μm έως διάτομα που σχηματίζουν αλυσίδες), γεγονός που του δίνει πλεονέκτημα έναντι των κωπηπόδων στις μικρότερου μεγέθους λείες και του επιτρέπει να εκμεταλλευτεί καλύτερα τα ολιγότροφα οικοσυστήματα, όπως τα επιφανειακά θερμά ύδατα της στρωματοποιημένης υδάτινης στήλης τους καλοκαιρινούς μήνες (Atienza *et al.*, 2007). Τα κλαδοκερωτά αποτελούν το 10-20% του ετήσιου μεσοζωπλαγκτικού αποθέματος στη Μεσόγειο, ενώ η αφθονία τους αυξάνεται ραγδαία την περίοδο του καλοκαιριού στα

επιφανειακά νερά, όπου μπορεί να αποτελέσουν κυρίαρχη ομάδα του μεσοζωοπλαγκτού (Saiz *et al.*, 2014).

1.2.3. Ζελατινώδες ζωοπλαγκτό

Το γεγονός ότι το ζελατινώδες ζωοπλαγκτό αποτελείται από διάφορες ταξινομικές ομάδες δείχνει ότι η συγκεκριμένη προσαρμογή στο πλαγκτικό τρόπο ζωής εξελίχθηκε ανεξάρτητα σε κάθε μία από αυτές (Harris *et al.*, 2000). Το κοινό χαρακτηριστικό αυτής της ομάδας είναι το ζελατινώδες σώμα (περισσότερο από 95% περιεκτικότητα σε νερό). Μερικές από τις κύριες ομάδες που χαρακτηρίζονται ως ζελατινώδες ζωοπλαγκτό είναι τα κνιδόζωα, τα σιφωνοφόρα, τα κτενοφόρα και τα πελαγικά χιτωνόζωα (βυτιοειδή, κωπηλάτες, σάλπες) (Harris *et al.*, 2000). Οι κωπηλάτες εντάσσονται στο ζελατινώδες πλαγκτό λόγω του σχηματισμού ζελατινώδους οίκου, που κατασκευάζουν συχνά και εγκαταλείπουν, για την τροφοληψία τους (Harris *et al.*, 2000). Οι ζελατινώδεις ζωοπλαγκτικοί οργανισμοί αποτελούν βασικούς καταναλωτές της πρωτογενούς φυτοπλαγκτικής παραγωγής (πελαγικά χιτωνόζωα) καθώς και θηρευτές άλλων ζωοπλαγκτικών οργανισμών (μέδουσες, κτενοφόρα) (Lucas, 2014). Υπό ευνοϊκές συνθήκες, παρουσιάζουν γρήγορους ρυθμούς αναπαραγωγής σχηματίζοντας ανθίσεις που συχνά έχουν αρνητικές οικολογικές και κοινωνικό-οικονομικές επιδράσεις (Lucas, 2014). Οι κωπηλάτες αποτελούν σημαντικό κομμάτι (10-17% σε ετήσια βάση) του επιπελαγικού ζωοπλαγκτού της Μεσογείου και υπάρχουν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους (Saiz *et al.*, 2014). Ωστόσο η οικογένεια Oikopleuridae φαίνεται να φτάνει σε μεγαλύτερες αφθονίες την περίοδο του καλοκαιριού, ενώ οι κωπηλάτες που ανήκουν στο γένος *Fritillaria* έχουν σημαντικότερη συμμετοχή το φθινόπωρο (Saiz *et al.*, 2014). Τα βυτιοειδή εμφανίζουν μεγαλύτερες αφθονίες το καλοκαίρι και το φθινόπωρο, κυρίως σε περιόδους που τα κωπήποδα λιγοστεύουν και τα κλαδοκερωτά (*P. avirostris*) αφθονούν (Saiz *et al.*, 2014). Οι εποχικές ανθίσεις των βυτιοειδών, νωρίς το καλοκαίρι και αργά το φθινόπωρο, φαίνεται να ευνοούνται από τη δημιουργία αλοκλινούς κοντά στην επιφάνεια της υδάτινης στήλης και την απουσία ισχυρών ανέμων κατά τις περιόδους αυτές (Saiz *et al.*, 2014).

1.3. Βαθυμετρική κατανομή ζωοπλαγκτού

Η κατανομή του ζωοπλαγκτού στην υδάτινη στήλη διαφοροποιείται τόσο σε οριζόντια όσο και σε κατακόρυφη κλίμακα (Wiebe *et al.*, 1990). Ωστόσο, οι περισσότερες μεταβλητές στο επιπελαγικό θαλάσσιο οικοσύστημα (διαφάνεια, θερμοκρασία, αλατότητα, συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου, ταχύτητα και διεύθυνση ρευμάτων, κατανομή της αυτότροφης και ετερότροφης βιομάζας κ.α.) παρουσιάζουν μεγαλύτερο εύρος μεταβλητότητας στις κάθετες, παρά στις οριζόντιες διατομές (Palomares-Garcia *et al.*, 2013). Ιδιαίτερα στη Μεσόγειο, που διακρίνεται από έντονη εποχικότητα, η εναλλαγή της στρωμάτωσης και της ανάμειξης της στήλης του νερού επηρεάζει σημαντικά την κατακόρυφη κατανομή των ζωοπλαγκτικών οργανισμών καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου (Saiz *et al.*, 2014). Η βαθυμετρική μεταβλητότητα των περιβαλλοντικών συνθηκών έχει οδηγήσει στην εξέλιξη ειδο-ειδικών και τοπο-ειδικών στρατηγικών στα επιπελαγικά κωπήποδα που καθορίζουν τη βαθυμετρική κατανομή τους στη στήλη του νερού (Palomares-Garcia *et al.*, 2013). Επίσης, η στρωμάτωση της υδάτινης στήλης δημιουργεί ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη μεγάλων πληθυσμών του κλαδοκερωτού *P. anirostris*, οι οποίοι συγκεντρώνονται εντός και πάνω από το θερμοκλινές, μακριά από το βαθύ μέγιστο της χλωροφύλλης (Atienza *et al.*, 2016). Υπό τις ίδιες συνθήκες, οι πληθυσμοί των κλαδοκερωτών *Evadne-Pseudevadne* συγκεντρώνονται ακόμα πιο κοντά στην επιφάνεια της υδάτινης στήλης (Atienza *et al.*, 2016). Γενικότερα, η κατακόρυφη κατανομή του ζωοπλαγκτού ρυθμίζεται τόσο από αβιοτικούς (ακτινοβολία, θερμοκρασία, συγκέντρωση οξυγόνου κ.α.), όσο και από βιοτικούς παράγοντες (διαθεσιμότητα τροφής, ενδοειδικός ανταγωνισμός, θήρευση κ.α.) (Atienza *et al.*, 2016). Η επιρροή των παραγόντων αυτών στη βαθυμετρική κατανομή των ζωοπλαγκτικών οργανισμών οδηγεί και στην κατακόρυφη μετανάστευση πολλών ζωοπλαγκτικών ειδών. Η κατακόρυφη κατανομή του ζωοπλαγκτού στη στήλη του νερού μπορεί λοιπόν να θεωρηθεί ως μια διαδικασία επιλογής ενδιαιτήματος κατά την οποία οι οργανισμοί αντισταθμίζουν τα οφέλη και τις απώλειες (π.χ. αποφυγή θηρευτών, διαθεσιμότητα τροφής, βέλτιστες περιβαλλοντικές συνθήκες, ενεργειακό κόστος κατακόρυφης μετανάστευσης κ.α.) (Falkenhaug *et al.*, 1997).

Οι κατακόρυφες μεταναστεύσεις των ζωοπλαγκτικών οργανισμών διαχωρίζονται σε δύο τύπους: 1) την μικρής περιοδικότητας, με διάρκεια έως και μία μέρα, νυχθημερήσια κατακόρυφη μετανάστευση και 2) την μεγαλύτερης περιοδικότητας, με διάρκεια έως και ένα έτος, εποχική κατακόρυφη μετανάστευση (Bandara *et al.*, 2021). Το πιο κοινό πρότυπο της νυχθημερήσιας κατακόρυφης μετανάστευσης περιλαμβάνει τη νυχτερινή ανάδυση στο ανώτερο πελαγικό στρώμα και την κατάδυση στα βαθύτερα στρώματα κατά τη διάρκεια της μέρας (Bandara *et al.*, 2021). Ωστόσο, έχει παρατηρηθεί και ένα αρκετά σπάνιο, αντίστροφο πρότυπο, σύμφωνα με το οποίο οι οργανισμοί αναδύονται το σούρουπο και καταδύονται κοντά στα μεσάνυχτα (Bandara *et al.*, 2021). Αρχικά, η κατακόρυφη μετανάστευση του ζωοπλαγκτού είχε αποδοθεί στην αναζήτηση βέλτιστων συνθηκών και την αποφυγή βλαβερών επιπέδων ακτινοβολίας και θερμοκρασίας (Bandara *et al.*, 2021). Ωστόσο, η ανακάλυψη της αντίστροφης μετανάστευσης ανέδειξε τον κύριο ρόλο της διαθεσιμότητας της τροφής και του κινδύνου θήρευσης στις κατακόρυφες μεταναστεύσεις του ζωοπλαγκτού (Bandara *et al.*, 2021), με την ανάπτυξη της υπόθεσης αποφυγής της θήρευσης, στην οποία προτείνεται ότι η κατακόρυφη μετανάστευση εξυπηρετεί στη μείωση κινδύνου θήρευσης από οπτικά κατευθυνόμενους θηρευτές (κυρίως πλαγκτοφάγα ψάρια) (Hays, 2003). Αξίζει να σημειωθεί ότι η περιοδικότητα και το εύρος της κατακόρυφης μετανάστευσης διαφέρουν τόσο μεταξύ των ειδών όσο και μεταξύ των ατόμων του ίδιου είδους, εξαρτώμενα από το αναπτυξιακό στάδιο, το μέγεθος σώματος, το φύλο κ.α. (Bandara *et al.*, 2021). Με την ανάπτυξη των οργανισμών αναπτύσσονται καινούργιοι κολυμβητικοί μηχανισμοί και αυξάνεται το μέγεθος των οργανισμών με αποτέλεσμα να μετακινούνται πιο γρήγορα και σε μεγαλύτερες αποστάσεις στη στήλη του νερού (Bandara *et al.*, 2021). Επίσης, ο κίνδυνος θήρευσης από οπτικά κατευθυνόμενους θηρευτές αυξάνεται με το μέγεθος των οργανισμών (Bandara *et al.*, 2021). Λόγω των παραπάνω, παρατηρείται ευρύτερη κατακόρυφη μετανάστευση στους μεγαλύτερους ζωοπλαγκτικούς οργανισμούς σε σχέση με τους μικρότερους και με αυτούς που βρίσκονται στα αρχικά αναπτυξιακά στάδια, για τους οποίους ακόμα και η διαστρωμάτωση της στήλης του νερού μπορεί να αποτελέσει φράγμα μετακίνησης (Bandara *et al.*, 2021). Όσον αφορά την εποχική κατακόρυφη μετανάστευση, αναφέρεται σε περιβάλλοντα με έντονη εποχικότητα και

χαρακτηρίζει τους οργανισμούς που εποικίζουν διάφορα βάθη της στήλης του νερού σε διαφορετικές περιόδους του χρόνου (Bandara *et al.*, 2021).

Όπως περιγράφηκε παραπάνω, θεωρείται ότι η βαθυμετρική κατανομή του ζωοπλαγκτού καθορίζεται κυρίως από την αποφυγή της θήρευσης και τις προσαρμογές που ακολουθούν οι οργανισμοί για να την επιτύχουν (Bollens & Frost, 1989, Lampert, 1989, Atienza *et al.*, 2016). Τα θαλάσσια κλαδοκερωτά είναι πιο επιρρεπή στη θήρευση σε σχέση με τα κωπήποδα καθώς δεν έχουν εξελίξει ισχυρούς μηχανισμούς αποφυγής της επίθεσης των θηρευτών (Atienza *et al.*, 2016). Κατά την περίοδο της καλοκαιρινής διαστρωμάτωσης της στήλης του νερού, οι πλαγκτοφάγες ιχθυονύμφες των περισσότερων μεσογειακών ψαριών που αναπαράγονται στις περιόδους της άνοιξης και του καλοκαιριού, βρίσκονται στα επιφανειακά στρώματα πάνω από το θερμοκλινές (Atienza *et al.*, 2016). Αυτή η περίοδος χαρακτηρίζεται από βαθύ μέγιστο της χλωροφύλλης κάτω από το θερμοκλινές, στο οποίο συγκεντρώνεται η φυτοπλαγκτική βιομάζα και τα αναπτυξιακά στάδια των κωπηπόδων (ναύπλιοι και κωπηποδίτες) που αποτελούν κύρια πηγή τροφής των ιχθυονυμφών (Saiz *et al.*, 2014, Atienza *et al.*, 2016). Υπό αυτές τις συνθήκες, κύρια λεία των ιχθυονυμφών διαφόρων ειδών ψαριών αποτελούν τα κλαδοκερωτά που αφθονούν πάνω από το θερμοκλινές (Atienza *et al.*, 2016). Παρά την έντονη θηρευτική πίεση που δέχονται, τα κλαδοκερωτά εξισορροπούν τις απώλειες από τη θήρευση των ιχθυονυμφών με τους υψηλούς παρθενογενετικούς αναπαραγωγικούς ρυθμούς, οι οποίοι έχουν ως αποτέλεσμα την υπέρμετρη αύξηση των πληθυσμών τους στα επιφανειακά στρώματα (Atienza *et al.*, 2016).

Η δημιουργία διακριτών προτύπων κατακόρυφης κατανομής της ζωοπλαγκτικής κοινωνίας στην υδάτινη στήλη είναι εμφανής σε πολύ μικρή βαθυμετρική κλίμακα, ιδιαίτερα την περίοδο στρωμάτωσης τους θερμούς μήνες. Η κατανόηση των προτύπων αυτών και των συνθηκών (αβιοτικών και βιοτικών) που τα επηρεάζουν, είναι βασική για την αποτελεσματική έρευνα της ζωοπλαγκτικής κοινωνίας. Ιδιαίτερα στα παράκτια οικοσυστήματα που δέχονται ανθρωπογενείς επιδράσεις και στηρίζουν εμπορικής αξίας ιχθυοαποθέματα, όπως ο Θερμαϊκός Κόλπος, η κατανόηση της μεταβλητότητας των ζωοπλαγκτικών οργανισμών τόσο σε κατακόρυφη, όσο και σε οριζόντια κλίμακα είναι ύψιστης σημασίας.

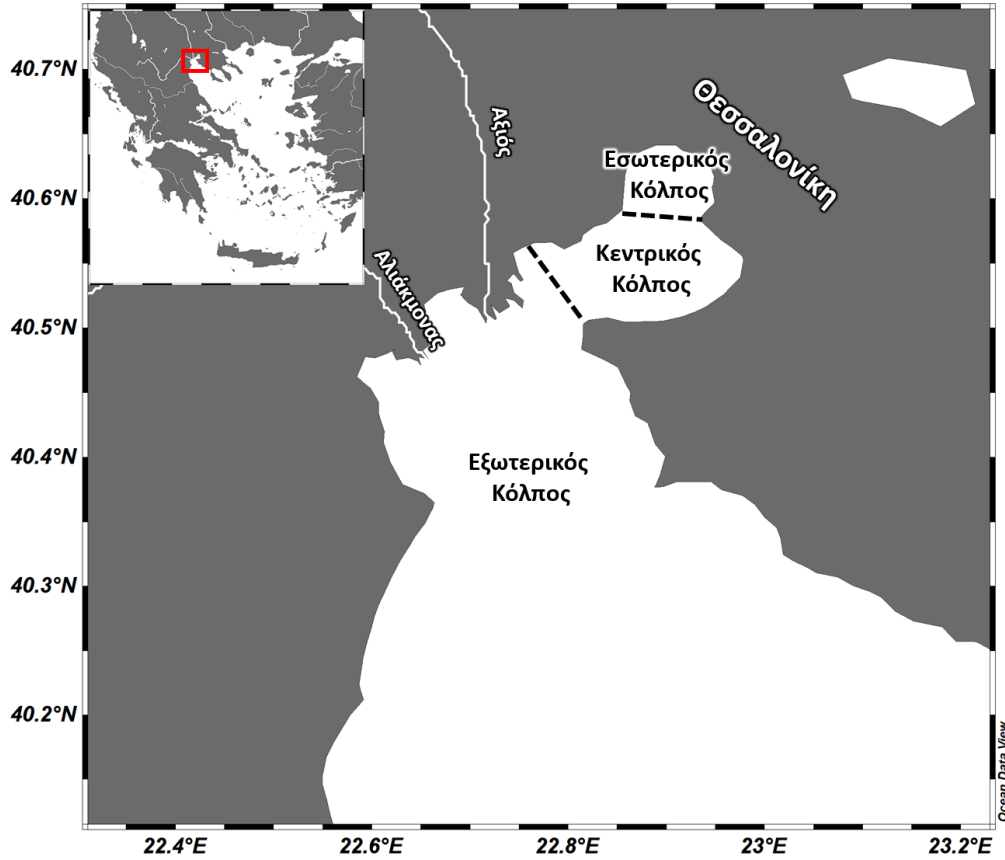
2. Σκοπός

Η παρούσα εργασία είχε ως σκοπό την καταγραφή της σύνθεσης ειδών, αφθονίας και βιομάζας του μεσοζωπλαγκτού στο Θερμαϊκό Κόλπο, καθώς και τη μελέτη της βαθυμετρικής κατανομής του σε πολύ μικρή χωρική κλίμακα. Κύριος στόχος της εργασίας αποτέλεσε η διερεύνηση των αλλαγών της μεσοζωπλαγκτικής κοινωνίας στα διάφορα στρώματα βάρους και η προσπάθεια ερμηνείας των φυσικοχημικών ή και βιολογικών συνθηκών που τις καθορίζουν, στο Θερμαϊκό Κόλπο την καλοκαιρινή περίοδο, όταν μεγάλος αριθμός των ιχθυοαποθεμάτων αναπαράγονται και οι πλαγκτοφάγες ιχθυονύμφες τους στηρίζονται από τη ζωπλαγκτική παραγωγή. Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία μεσοζωπλαγκτού σε 5 στρώματα διαφορετικού βάρους, όπου το μεσαίο διαπερνούσε τη μέγιστη πλαγκτική ακουστική ανάκλαση, όπως αυτή οριζόταν με βάση τις καταγραφές ηχοβολιστικού οργάνου.

3. Μεθοδολογία

3.1. Περιοχή έρευνας

Ο Θερμαϊκός Κόλπος βρίσκεται στο Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος και αποτελεί ένα τυπικό ημίκλειστο σύστημα της ανατολικής Μεσογείου. Το βόρειο τμήμα του βρέχει την πόλη της Θεσσαλονίκης στην οποία εντοπίζεται ένα από τα μεγαλύτερα λιμάνια της χώρας, με υψηλό φόρτο θαλάσσιων μεταφορών (Androulidakis *et al.*, 2021). Ο Θερμαϊκός Κόλπος έχει γενικά ήπιο ανάγλυφο βυθού με βάθη που κυμαίνονται από 30 m βόρεια, έως και 130 m νότια (Krestenitis *et al.*, 2012) και διαχωρίζεται σε τρεις υποπεριοχές: τον εσωτερικό, τον κεντρικό και τον εξωτερικό Θερμαϊκό Κόλπο (Εικόνα 1) (Androulidakis *et al.*, 2021). Η ευρύτερη περιοχή του Θερμαϊκού Κόλπου έχει μικρό παλιρροιακό εύρος και χαρακτηρίζεται από έντονα εποχικά φαινόμενα καύσωνα, ανέμων και εισροής γλυκών νερών (Krestenitis *et al.*, 2012).



Εικόνα 1: Χάρτης του Θερμαϊκού Κόλπου με τη θέση του στον ελλαδικό χώρο και τις διακριτές υποπεριοχές του

Παρόλο που το Αιγαίο Πέλαγος και η ανατολική Μεσόγειος γενικότερα χαρακτηρίζονται ως oligότροφα συστήματα, ο Θερμαϊκός Κόλπος υφίσταται έντονο ανθρωπογενή ευτροφισμό, ιδιαίτερα στο βόρειο τμήμα του (Mihalatu & Moustaka, 2002). Η κύρια εισροή γλυκού νερού στο Θερμαϊκό Κόλπο γίνεται από τέσσερα ποτάμια (Γαλλικός, Αξιός, Λουδίας και Αλιάκμονας), καθώς και από διάφορα αποχετευτικά κανάλια και τάφρους στο δυτικό τμήμα του (Androulidakis *et al.*, 2021). Ο Αλιάκμονας και ο Αξιός αποτελούν τους μεγαλύτερους παρόχους γλυκού νερού του Κόλπου, ενώ ο Αξιός χαρακτηρίζεται από τη μεγαλύτερη συγκέντρωση θρεπτικών και έχει έντονη εποχικότητα παρουσιάζοντας μεγαλύτερους ρυθμούς εκροής την άνοιξη (Androulidakis *et al.*, 2021). Η εισροή του γλυκού νερού μέσω της απορροής των ποταμών και των κατακρημνίσεων μεγιστοποιείται κατά την περίοδο του χειμώνα και της άνοιξης με αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των θρεπτικών και τη μείωση της αλατότητας

(Mihalatou & Moustaka, 2002). Εκτός από τις εισροές θρεπτικών μέσω των ποταμών, ο Θερμαϊκός Κόλπος δέχεται διάφορες πιέσεις ρύπανσης εξαιτίας πολλών αστικών, γεωργικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων που απελευθερώνουν τόσο επεξεργασμένα όσο και ανεπεξέργαστα λύματα και εντείνουν τη δημιουργία ευτροφικών συνθηκών (Androulidakis *et al.*, 2021). Όλα τα παραπάνω, σε συνδυασμό με τη περιορισμένη κυκλοφορία υδάτων και το μικρό βάθος στο αστικό μέτωπο του Θερμαϊκού Κόλπου, συμβάλλουν στη δημιουργία ερυθρών παλιρροιών και έντονων ανθίσεων φυτοπλαγκτού (Genitsaris *et al.*, 2019).

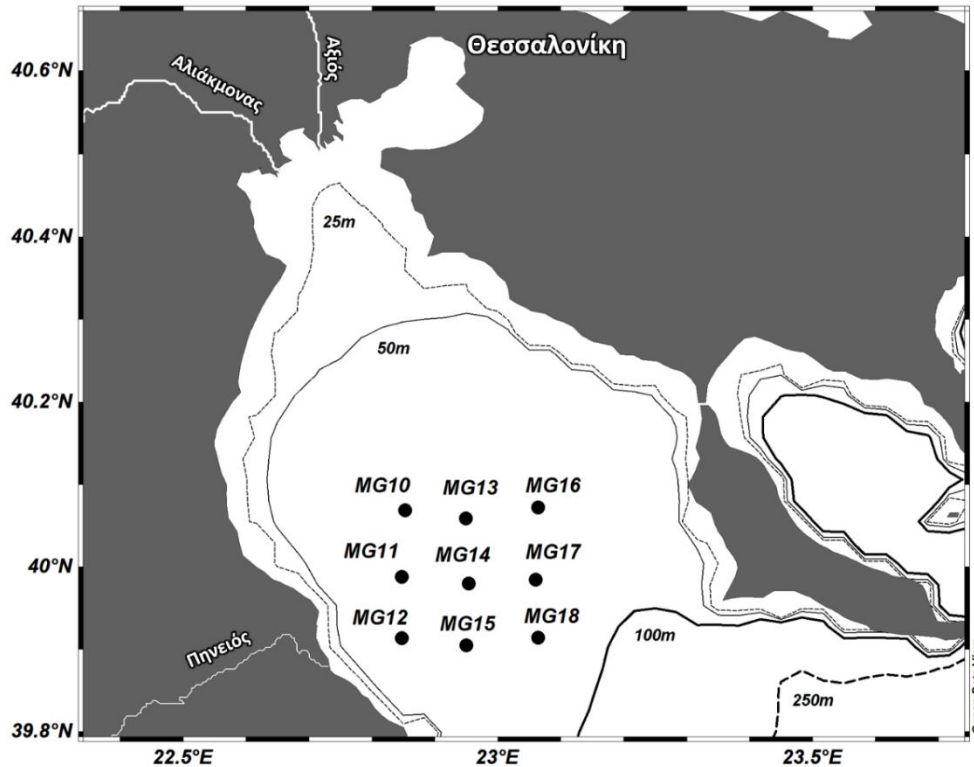
Η κυκλοφορία των υδάτινων μαζών στο Θερμαϊκό Κόλπο έχει γενικά κυκλωνικό, αριστερόστροφο πρότυπο (Karageorgis *et al.*, 2005) και καθοδηγείται κυρίως από τους εποχικούς κύκλους εκροών των ποταμών, τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και των ανέμων και την ανταλλαγή υδάτων με το Αιγαίο Πέλαγος (Krestenitis *et al.*, 2012, Androulidakis *et al.*, 2021). Τα επιφανειακά, χαμηλής αλατότητας ύδατα που προκύπτουν από τις εκροές των ποταμών στο δυτικό τμήμα του Κόλπου, ρέουν με κατεύθυνση προς το νότο κατά μήκος της δυτικής ακτογραμμής (Baloroulos & Friligos, 1994). Παράλληλα, πυκνότερα ύδατα, σχετικά υψηλής αλατότητας που προέρχονται από το ανοιχτό Αιγαίο Πέλαγος, εισέρχονται στο νότιο τμήμα του Κόλπου και ρέουν με κατεύθυνση προς το βορά κατά μήκος της ανατολικής ακτογραμμής (Baloroulos & Friligos, 1994). Τα ύδατα που εισέρχονται από το Αιγαίο Πέλαγος μετακινούνται κυκλωνικά στο βόρειο κομμάτι του Κόλπου (Krestenitis *et al.*, 2012). Η ανταλλαγή υδάτινων μαζών του Κόλπου με το Αιγαίο Πέλαγος μεγιστοποιείται την περίοδο υψηλής ποτάμιας απορροής (Karageorgis *et al.*, 2005). Επίσης, παρατηρείται εισροή χαμηλής αλατότητας νερών από τη Μαύρη Θάλασσα στο Αιγαίο Πέλαγος και στη συνέχεια στο Θερμαϊκό Κόλπο κατά την καλοκαιρινή και φθινοπωρινή περίοδο (Kontoyiannis *et al.*, 2003). Τέλος, η θερμοκρασία του νερού σε έναν ετήσιο κύκλο στον Θερμαϊκό Κόλπο κυμαίνεται μεταξύ 9,6 και 29,7 °C, ενώ η αλατότητα μεταξύ 32,8 και 38,8 (Genitsaris *et al.*, 2019).

Όσον αφορά την αλιεία, ο Θερμαϊκός Κόλπος αποτελεί ένα από τα παραγωγικότερα αλιευτικά πεδία της χώρας, συγκεντρώνοντας τη δεύτερη μεγαλύτερη αλιευτική προσπάθεια μηχανότρατας μετά το Θρακικό Πέλαγος (Dimarchoroulou *et al.*, 2022). Ωστόσο, η αλιεία με τράτα βυθού και γρι-γρι έχουν απαγορευτεί στο εσωτερικό τμήμα του Κόλπου από το 1978.

Παρά την προσπάθεια προστασίας των ιχθυοαποθεμάτων του Κόλπου, η αλιευτική παραγωγή παρουσιάζει φθίνουσα τάση από το 1990, ακολουθώντας το γενικότερο πρότυπο της ανατολικής Μεσογείου, εξαιτίας της συνολικής υπερεκμετάλλευσης των εμπορικών ιχθυοαποθεμάτων (Dimarchoroulou *et al.*, 2022).

3.2. Δειγματοληψία

Η δειγματοληψία στην οποία βασίστηκε η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στις 23/6/2016 στον εξωτερικό Θερμαϊκό Κόλπο από την επιστημονική ομάδα του ΕΛΚΕΘΕ και το πλήρωμα του ερευνητικού σκάφους «ΦΙΛΙΑ» στο πλαίσιο της ερευνητικής αποστολής MEDIAS (Mediterranean International Acoustic Survey). Συνολικά, συλλέχθηκαν δείγματα από 9 σταθμούς και 5 στρώματα βάθους ανά σταθμό (Εικόνα 2). Για τη συλλογή των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε πολλαπλός δειγματολήπτης τύπου “multinet” εξοπλισμένος με 5 δίχτυα που είχαν άνοιγμα ματιού 200 μm.



Εικόνα 2: Δίκτυο σταθμών δειγματοληψίας στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016.

Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας αρχικά γίνονταν καταγραφή των υδρογραφικών χαρακτηριστικών κάθε σταθμού (θερμοκρασία, αλατότητα, διαλυμένο οξυγόνο, φθορισμός) με τη χρήση συστοιχίας CTD. Επίσης, βάσει του ηχοβολιστικού οργάνου του σκάφους εντοπιζόταν το στρώμα με τη μέγιστη πλαγκτική ακουστική ανάκλαση, το οποίο βρισκόταν συνήθως κοντά και κάτω από το θερμοκλινές. Στη συνέχεια ποντιζόταν ο δειγματολήπτης και εκκινούσε η δειγματοληψία σε 5 διαφορετικά στρώματα βάθους:

- 1) λίγο πάνω από το βυθό (NET1),
- 2) 10 με 20 m κάτω από τη μέγιστη πλαγκτική ακουστική ανάκλαση (όπως εμφανιζόταν στα ηχογράμματα) (NET2),
- 3) μέσα στη μέγιστη πλαγκτική ακουστική ανάκλαση (NET3),
- 4) αμέσως πάνω από τη μέγιστη πλαγκτική ακουστική ανάκλαση (NET4), και τέλος
- 5) στο επιφανειακό στρώμα (10 – 5 m έως την επιφάνεια) (NET5)

Τα δείγματα που συλλέχθηκαν διατηρήθηκαν δε διάλυμα φορμόλης 4% ρυθμισμένου με βόρακα.

3.3. Εργαστηριακή ανάλυση

Συνολικά, αναλύθηκαν 45 δείγματα μεσοζωοπλαγκτού. Αρχικά, τα δείγματα χωρίστηκαν σε δύο υποδείγματα ίδιου όγκου με τη χρήση διαχωριστή Folsom. Το ένα υποδείγμα χρησιμοποιήθηκε για την αναγνώριση των ζωοπλαγκτικών οργανισμών και το άλλο για την καταμέτρηση της αφθονίας τους.

3.3.1. Αναγνώριση μεσοζωοπλαγκτού

Η παρατήρηση του μεσοζωοπλαγκτού έγινε σε στερεοσκόπιο (Wild Heerbrugg) και μικροσκόπιο (Olympus BX41). Η αναγνώριση των οργανισμών έγινε στο κατώτερο δυνατό ταξινομικό επίπεδο με τη χρήση ταξινομικών κλειδών (Rose, 1933, Tregouboff & Rose, 1957, Conway, 2012, Conway, 2015) και της διαδικτυακής βάσης δεδομένων Razouls *et al.* (2005-2021). Η αναγνώριση των κωπηπόδων και των κλαδοκερωτών έγινε σε επίπεδο είδους. Εκτός των κωπηπόδων και των κλαδοκερωτών, οι υπόλοιπες ομάδες μεσοζωοπλαγκτού δεν αναγνωρίστηκαν σε κατώτερα επίπεδα ταξινόμησης (γένος, είδος), εκτός από τους κωπηλάτες, οι οποίοι αντιπροσωπεύτηκαν από δύο γένη: *Fritillaria* και *Oikopleura*. Οι οργανισμοί των οποίων η αναγνώριση δεν ήταν εφικτή στο στερεοσκόπιο, παρατηρούνταν στο μικροσκόπιο σε μεγαλύτερες μεγεθύνσεις. Τέλος, λαμβάνονταν φωτογραφίες των μορφομετρικών χαρακτηριστικών των οργανισμών μέσω ενσωματωμένης στο μικροσκόπιο κάμερας Leica και τη χρήση του προγράμματος LAS V4.13 σε H/Y.

3.3.2. Καταμέτρηση αφθονίας μεσοζωοπλαγκτού

Η ποσοτική ανάλυση των δειγμάτων έγινε σύμφωνα με το εγχειρίδιο του ICES (Harris *et al.*, 2000). Αρχικά, τα δείγματα τοποθετούνταν σε ποτήρι ζέσεως και γινόταν προσθήκη καθαρού νερού, ώστε ο όγκος τους να φτάσει τα 100, 150, 200 ή 250 ml, ανάλογα με την πυκνότητα του δείγματος. Στη συνέχεια, λαμβάνονταν υποδείγματα όγκου 5 ml με χρήση πιπέτας Hensen-Stempel, αφού είχε πρώτα γίνει καλή ανάδευση του δείγματος για τη μεγιστοποίηση της τυχειότητας στην κατανομή των οργανισμών. Τα υποδείγματα τοποθετούνταν σε ειδικό θάλαμο Bogorogon και παρατηρούνταν στο στερεοσκόπιο. Η ταυτοποίηση κάθε οργανισμού γινόταν στο κατώτερο δυνατό ταξινομικό επίπεδο (επίπεδο είδους στα περισσότερα κωπήποδα και κλαδοκερωτά) και σε αναπτυξιακά στάδια (ναύπλιος, κωπηποδίτης, ενήλικο κωπήποδο) και φύλο (θηλυκό, αρσενικό) στα κωπήποδα. Η καταμέτρηση των οργανισμών γινόταν σε ένα ή και περισσότερα υποδείγματα ώστε να καταμετρηθούν τουλάχιστον 600 άτομα από κάθε δείγμα.

Για τον υπολογισμό της αφθονίας (άτομα m⁻³), λήφθηκαν υπόψη ο αριθμός ατόμων που μετρήθηκαν στα υποδείγματα (n), η αναλογία των υποδειγμάτων που μετρήθηκαν ως προς το αρχικό δείγμα (k) και ο όγκος διήθησης κάθε διχτυού (V) (Τύπος 1) :

$$\text{άτομα/m}^3 = (n \times k \times 2) / V$$

Το γινόμενο $n \times k$ πολλαπλασιάστηκε με το δύο διότι το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε για την καταμέτρηση της αφθονίας ήταν το μισό του αρχικού δείγματος μετά το διαχωρισμό του με Folsom.

Ο όγκος διήθησης υπολογίστηκε με τη χρήση ροόμετρων τοποθετημένων στην στεφάνη κάθε διχτυού.

Τέλος, οι ομάδες ζωοπλαγκτού που παρουσίασαν ποσοστό συμμετοχής μεγαλύτερο από 20% στην ολική αφθονία μεσοζωοπλαγκτού ενός ή περισσότερων στρωμάτων δειγματοληψίας, αναφέρθηκαν ως κύριες ομάδες.

3.3.3. Υπολογισμός βιομάζας μεσοζωοπλαγκτού

Για τον υπολογισμό της βιομάζας του μεσοζωοπλαγκτού χρησιμοποιήθηκαν εξισώσεις μήκους βάρους από τη βιβλιογραφία (Πίνακας 1). Αρχικά, μετρήθηκαν τα ολικά μήκη και τα μήκη προσώματος (κωπήποδα) για 50 άτομα από κάθε τάξη, όπου αυτό ήταν εφικτό. Οι μετρήσεις των μηκών έγιναν με τη χρήση ενσωματωμένης στο μικροσκόπιο κάμερας Leica και του προγράμματος LAS V4.13 σε Η/Υ. Στη συνέχεια, υπολογίστηκε η διάμεσος του μήκους από κάθε τάξη ώστε να χρησιμοποιηθεί στις εξισώσεις μήκους-βάρους.

Όλα τα τάξα που μετρήθηκαν στην αφθονία αντιστοιχίστηκαν με τάξα αναφοράς για τα οποία υπάρχουν δημοσιευμένες εξισώσεις μήκους-βάρους, εκτός από τα φορονοειδή, η βιομάζα των οποίων δεν υπολογίστηκε, και τα αυγά των ψαριών. Βάσει των εξισώσεων που επιλέχθηκαν, η βιομάζα κάθε οργανισμού υπολογίστηκε σε υγρό βάρος (WW) ή ξηρό βάρος (DW) ή άνθρακα (C). Στη συνέχεια, η βιομάζες αυτές μετατράπηκαν σε μg άνθρακα με τη χρήση ειδικών εξισώσεων από τη βιβλιογραφία (Πίνακας 1), όπου αυτό ήταν αναγκαίο. Γενικότερα, το περιεχόμενο σε άνθρακα αποτελεί το νέο νόμισμα στις μελέτες λειτουργίας των υδάτινων οικοσυστημάτων, καθιστώντας τον υπολογισμό του πλαγκτικού αποθέματος άνθρακα πολύ σημαντικό για την κατανόηση των μεταβολικών οδών μεταξύ των θαλάσσιων οργανισμών (Silva *et al.*, 2014).

Για τα αυγά των ψαριών δεν βρέθηκε κατάλληλη εξίσωση μήκους βάρους και η βιομάζα τους υπολογίστηκε με διαφορετικό τρόπο. Τα αυγά ψαριών ανήκαν κυρίως στον ευρωπαϊκό γαύρο (*Engraulis encrasicolus*) και χρησιμοποιήθηκε το μέσο ξηρό βάρος τους (DW=27 μg) όπως αυτό υπολογίστηκε από τον Σωμαράκη (1999). Η μετατροπή του ξηρού βάρους σε άνθρακα βασίστηκε στους υπολογισμούς του Tucker (1983) για τα αυγά του είδους *Anchoa mitchilli* (C=0,491 DW).

Πίνακας 1: Εξισώσεις μήκους-βάρους για τα τάξα μεσοζωοπλαγκτού που μετρήθηκαν στην αφθονία στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016, όπου: TL= ολικό μήκος, PL= μήκος προσώματος, TrL= μήκος σώματος, C= άνθρακας, DW= ξηρό βάρος και WW= υγρό βάρος. Αναγράφονται τα τάξα αναφοράς των εξισώσεων και οι απαιτούμενες μετατροπές για τον υπολογισμό της βιομάζας σε άνθρακα.

| Τάξα | Τάξα αναφοράς | Εξισώσεις μήκους-βάρους | Μετατροπή υγρού σε ξηρό βάρος | Μετατροπή βάρους σε άνθρακα |
|--|--|--|---|--|
| <i>Acartia clausi</i> (adult & copepodites) | <i>Acartia clausi</i> | $\text{LogC}(\mu\text{g}) = 2,86\text{logTL}(\mu\text{m}) - 8,36$ (1) | | |
| <i>Calanus helgolandicus</i> (adult & copepodites) | <i>Calanus helgolandicus</i> | $\text{lnC}(\mu\text{g}) = \text{ln}(1,4451) + 2,8302\text{lnTL}(\text{mm})$ (2) | | |
| <i>Calocalanus pavo</i> , <i>Calocalanus pavoninus</i> , <i>Calocalanus plumulosus</i> , <i>Calocalanus</i> spp. copepodites | <i>Calocalanus pavoninus</i> | $\text{lnDW}(\mu\text{g}) = 3,38\text{lnPL}(\mu\text{m}) - 20,48$ (3) | Calanoida: DW=0,202WW (18) | Calanoida: C=0,477DW (18) |
| <i>Candacia armata</i> , <i>Candacia</i> spp. copepodites | <i>Candacia</i> & <i>Paracandacia</i> spp. | $\text{lnDW}(\mu\text{g}) = 3,38\text{lnPL}(\mu\text{m}) - 20,48$ (4) | | <i>C. armata</i> (female): C=0,433DW (19), <i>Candacia</i> spp.: C=0,403DW (copepodites) (18) |
| <i>Centropages ponticus</i> , <i>Centropages typicus</i> , <i>Centropages</i> spp. copepodites | <i>Centropages typicus</i> | $\text{logWW}(\mu\text{g}) = 3,213\text{logPL}(\mu\text{m}) - 7,589$ (3) | <i>Centropages</i> spp.: DW=0,150WW (18) | <i>C. typicus</i> : C=0,395DW (20) |
| <i>Clausocalanus arcuicornis</i> , <i>Clausocalanus jobei</i> , <i>Clausocalanus mastigophorus</i> , <i>Clausocalanus parapergens</i> , | <i>Clausocalanus arcuicornis</i> | $\text{logWW}(\mu\text{g}) = 2,826\text{logPL}(\mu\text{m}) - 6,548$ (3) | <i>C. arcuicornis</i> : DW=0,196WW (18) | Clausocalanidae: C=0,497DW (20) |
| <i>Clausocalanus furcatus</i> | <i>Clausocalanus furcatus</i> | $\text{logWW}(\mu\text{g}) = 2,489\text{logPL}(\mu\text{m}) - 5,638$ (3) | <i>C. furcatus</i> : DW=0,206WW (18) | Clausocalanidae: C=0,497DW (20) |

| | | | | |
|--|--------------------------------|---|--|--|
| <i>Clausocalanus pergens</i> | <i>Clausocalanus paululus</i> | $\log WW(\mu\text{g}) = 2,8\log PL(\mu\text{m}) - 6,356$ (3) | <i>C. furcatus</i> : DW=0,206WW (18) | Clausocalanidae: C=0,497DW (20) |
| <i>Ctenocalanus vanus</i> | <i>Ctenocalanus vanus</i> | $\log WW(\mu\text{g}) = 2,654\log PL(\mu\text{m}) - 6,108$ (3) | Clausocalanidae: DW=0,201WW (18) | Clausocalanidae: C=0,497DW (20) |
| <i>Diaixis pygmaea</i> , Calanoida copepodites, <i>Pontella</i> spp. copepodites, <i>Subeucalanus</i> spp. copepodites | Calanoids combined | $\ln DW(\mu\text{g}) = 2,73\ln PL(\mu\text{m}) - 15,93$ (4) | | Calanoida: C=0,477DW (18) |
| <i>Haloptilus longicornis</i> | <i>Haloptilus longicornis</i> | $\ln DW(\mu\text{g}) = 4,27\ln PL(\mu\text{m}) - 29,00$ (4) | | Augaptilidae: C=0,469DW (18) |
| <i>Lucicutia flavicornis</i> | <i>Lucicutia flavicornis</i> | $\log WW(\text{g}) = 3,327\log PL(\mu\text{m}) - 8,007$ (3) | Calanoida: DW=0,202WW (18) | Calanoida: C=0,477DW (18) |
| <i>Mecynocera clausi</i> (adult & copepodites) | <i>Mecynocera clausi</i> | $\log WW(\mu\text{g}) = 2,599\log PL(\mu\text{m}) - 6,146$ (3) | Calanoida: DW=0,202WW (18) | Calanoida: C=0,477DW (18) |
| <i>Mesocalanus tenuicornis</i> (adult & copepodites) | <i>Mesocalanus tenuicornis</i> | $\log WW(\mu\text{g}) = 2,757\log PL(\mu\text{m}) - 6,519$ (3) | <i>Calanus</i> spp.: DW=0,194WW (18) | <i>M. tenuicornis</i> : C=0,470DW (18) |
| <i>Nannocalanus minor</i> (adult & copepodites) | <i>Nannocalanus minor</i> | $\log WW(\mu\text{g}) = 3,103\log PL(\mu\text{m}) - 7,35$ (3) | <i>Neocalanus</i> spp.: DW=0,201WW (18) | <i>Neocalanus</i> spp.: C=0,527DW (18) |
| <i>Paracalanus denudatus</i> , <i>Paracalanus nanus</i> , <i>Paracalanus parvus</i> species complex, <i>Paracalanus</i> spp. males | <i>Paracalanus quasimodo</i> | $DW(\mu\text{g}) = 6,829 \cdot 10^{-11} PL(\mu\text{m})^{3,871}$ (5) | | <i>P. quasimodo</i> : C=0,4556DW (5) |
| <i>Paraeuchaeta hebes</i> (adult & copepodites) | <i>Paraeuchaeta hebes</i> | $\log WW(\mu\text{g}) = 2,901\log PL(\mu\text{m}) - 6,847$ (3) | <i>Paraeuchaeta</i> spp.: DW=0,288WW (18) | <i>Paraeuchaeta</i> spp.: C=0,581DW (18) |
| <i>Pseudodiaptomus marinus</i> | <i>Pseudodiaptomus marinus</i> | $\log C(\mu\text{g}) = 3,17\log PL(\mu\text{m}) - 8,63$ (6) | | |
| <i>Temora stylifera</i> (adult & copepodites) | <i>Temora stylifera</i> | $\log WW(\mu\text{g}) = 2,057\log PL(\mu\text{m}) - 4,042$ (3) | <i>T. stylifera</i> : DW=0,167WW (18) | <i>T. stylifera</i> : C=0,321DW (18) |

| | | | | |
|---|--|---|--|---------------------------------------|
| <i>Clausocalanus</i> spp. copepodites | <i>Paracalanus</i> & <i>Clausocalanus</i> spp. | $\ln DW(\mu\text{g}) = 2,78 \ln PL(\mu\text{m}) - 16,52$ (4) | | Clausocalanidae: C=0,497DW (20) |
| <i>Paracalanus</i> spp. copepodites | <i>Paracalanus</i> spp. copepodites | $\log C(\mu\text{g}) = 3,1280 \log PL(\mu\text{m}) - 8,4510$ (7) | | |
| <i>Copilia quadrata</i> (adult & copepodites), <i>Sapphirina intestinata</i> (adult & copepodites), <i>Sapphirina nigromaculata</i> (adult & copepodites), <i>Sapphirina metallina</i> copepodites, <i>Sapphirina</i> spp. copepodites | <i>Sapphirina angusta</i> | $DW(\mu\text{g}) = 6,333 TL(\text{mm})^{1,142}$ (8) | | <i>S. angusta</i> : C=0,4DW (8) |
| <i>Corycaeus flaccus</i> , <i>Corycaeus typicus</i> , <i>Corycaeus clausi</i> , <i>Corycaeus brehmi</i> , <i>Corycaeus giesbrechti</i> , <i>Corycaeus ovalis</i> , <i>Corycaeus furcifer</i> , <i>Corycaeus</i> spp. males, <i>Corycaeus</i> spp. copepodites | <i>Corycaeus</i> sp. | $\ln C(\mu\text{g}) = 1,99 \ln PL(\mu\text{m}) - 12,21$ (9) | | |
| <i>Farranula rostrata</i> (adult & copepodites) | <i>Farranula gracilis</i> | $\ln DW(\mu\text{g}) = 2,72 \ln PL(\mu\text{m}) - 16,19$ (4) | | <i>Corycaeus</i> spp: C=0,398DW (18) |
| <i>Oithona plumifera</i> , <i>Oithona</i> spp. (copepodites & males) | <i>Oithona plumifera</i> | $\ln DW(\mu\text{g}) = 1,68 \ln PL(\mu\text{m}) - 10,20$ (4) | | <i>Oithona</i> spp: C=0,465DW (20) |
| <i>Oncaea media</i> , <i>Oncaea mediterranea</i> , <i>Oncaea</i> spp. males, <i>Oncaea</i> spp. copepodites | <i>Oncaea</i> sp. | $\ln C(\mu\text{g}) = 2,90 \ln PL(\mu\text{m}) - 17,50$ (9) | | |
| <i>Euterpina acutifrons</i> , <i>Goniopsyllus clausi</i> , <i>Tigriopus</i> spp. | <i>Euterpina acutifrons</i> | $DW(\mu\text{g}) = (1,389 \cdot 10^{-8}) TL(\mu\text{m})^{2,857}$ (5) | | <i>E. acutifrons</i> : C=0,4533DW (5) |

| | | | |
|--|----------------------------|--|---|
| <i>Microsetella rosea</i> , <i>Microsetella</i> sp. | <i>Microsetella</i> sp. | $\ln C(\mu\text{g}) = 1,15 \ln TL(\mu\text{m}) - 7,79$ (9) | |
| <i>Evadne spinifera</i> , <i>Pseudevadne tergestina</i> | <i>Evadne spinifera</i> | $\log DW(\mu\text{g}) = -$ $10,362 + 3,741 \log TL(\mu\text{m})$ (10) | Cladocera: C=0,439DW (20) |
| <i>Penilia avirostris</i> | <i>Penilia avirostris</i> | $\log C(\mu\text{g}) = 4,51 \log TL(\mu\text{m}) - 12,74$ (11) | |
| <i>Podon intermedius</i> | <i>Podon polyphemoides</i> | $\log C(\mu\text{g}) = 3,46 \log TL(\mu\text{m}) - 9,34$ (11) | |
| Amphipoda | Amphipoda | $WW(\text{mg}) = 0,0466L(\text{mm})^{2,619}$ (12) | Amphipoda: C=0,079DW (12) |
| Chaetognatha | Chaetognatha | $C(\mu\text{g}) = 0,0956L(\text{mm})^{2,9093}$ (13) | |
| Gasteropoda | Thecosomata | $\log C(\mu\text{g}) = 1,469 + 3,102 \log L(\text{mm})$ (13) | |
| Nauplii, Isopoda, Crustacea (other), Ciripedia | Crustacean larvae | $WW(\text{mg}) = 0,0172L(\text{mm})^{2,546}$ (12) | Crustacean larvae: C=0,067DW (12) |
| <i>Oikopleura</i> spp. | <i>Oikopleura</i> spp. | $\log DW(\mu\text{g}) = 2,51 \log TrL(\mu\text{m}) - 6,54$ (14) | <i>Oikopleura</i> spp.: C= 0,504DW (20) |
| <i>Firtillaria</i> spp. | <i>Firtillaria</i> spp. | $\log DW(\mu\text{g}) = 3,21 \log TrL(\mu\text{m}) - 9,11$ (15) | <i>F. borealis</i> : C= 0,545DW (20) |
| Cnidaria | Hydromedusae | $WW(\text{mg}) = 0,0924L(\text{mm})^{3,138}$ (12) | Hydromedusae: C=0,003WW (12) |
| Mysida | <i>Neomysis japonica</i> | $\log C(\mu\text{g}) = 3,10 \log TL(\text{mm}) - 0,167$ (11) | |
| Ostracoda | Ostracoda | $WW(\text{mg}) = 0,0906L(\text{mm})^{3,047}$ (12) | Ostracoda: C=0,054WW (12) |
| Pteropoda | Pteropoda | $WW(\text{mg}) = 0,2152 * L(\text{mm})^2,293$ (12) | Pteropoda: C=0,07WW (12) |

| | | | |
|-----------------|--|---|---|
| Siphonophora | <i>Muggiaea atlantica</i> , <i>Sphaeronectes gracilis</i> , <i>Abylopsis tetragona</i> | $C(\mu\text{g}) = 20,47L(\text{mm})^{0,834}$ (13) | |
| Doliolida | <i>Dolioletta gegenbauri</i> | $C(\mu\text{g}) = 0,51L(\text{mm})^{2,28}$ (13) | |
| Bivalvia larvae | <i>Mytilus edulis</i> larvae | $DW(\mu\text{g}) = (6,27 \cdot 10^{-7})L(\mu\text{m})^{2,6}$ (16) | Bivalvia larvae: $C=0,208DW$ (20) |
| Decapoda | Decapoda | $WW(\text{mg}) = 0,01L(\text{mm})^{3,097}$ (12) | Decapoda: $C=0,08WW$ (12) |
| Fish larvae | <i>Engraulis encrasicolus</i> larvae | $DW(\mu\text{g}) = (6 \cdot 10^{-15})TL(\mu\text{m})^{4,13}$ (17) | <i>Anchoa mitchilli</i> larvae: $C=0,442DW$ (21) |
| Polychaeta | Polychaeta | $C(\mu\text{g}) = 7,5L(\text{mm})^{1,3848}$ (13) | |

Πηγές: (1) Cataletto & Umani (1994), (2) Williams & Robins (1982), (3) Shmeleva (1965), (4) Webber & Roff (1995), (5) Ara (2001), (6) Uye (1983), (7) Uye (1991), (8) Lopes *et al.* (2007), (9) Satapoomin (1999), (10) Catalan *et al.* (2007), (11) Uye (1982), (12) Davis & Wiebe (1985), (13) Lavaniegos & Ohman (2007), (14) Gorsky *et al.* (1987), (15) Fenaux (1976), (16) Sprung (1984), (17) Borme *et al.* (2009), (18) Brey *et al.* (2010), (19) Lindley *et al.* (1997), (20) Silberberger *et al.* (2020), (21) Tucker (1983).

3.4. Στατιστική ανάλυση

Τα δεδομένα αφθονίας και βιομάζας του μεσοζωοπλαγκτού υποβλήθηκαν σε πολυπαραγοντικές αναλύσεις, όπως περιγράφονται στο εγχειρίδιο των Clarke & Gorley (2006). Οι πολυπαραγοντικές αναλύσεις έγιναν μετά από λογαριθμικό μετασχηματισμό των δεδομένων [$\log_e(X+1)$] και υπολογισμό πινάκων ομοιότητας Bray-Curtis. Η διαφοροποίηση μεταξύ των στρωμάτων δειγματοληψίας και μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας ελέγχθηκε με ανάλυση ομοιοτήτων (Analysis of similarities, ANOSIM). Η ANOSIM πραγματοποιήθηκε τόσο χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των κύριων ομάδων μεσοζωοπλαγκτού (κωπήποδα, κλαδοκερωτά, βυτιοειδή, κωπηλάτες κλπ.), όσο και τα δεδομένα των ειδών κωπηπόδων και κλαδοκερωτών.

Όσον αφορά τα κωπήποδα και τα κλαδοκερωτά, η αναγνώριση των οποίων έγινε σε επίπεδο είδους, εφαρμόστηκε ανάλυση Ιεραρχικής Συσσωρευτικής Ομαδοποίησης (Hierarchical Agglomerative Clustering – CLUSTER) και έλεγχος ομοιοτήτων μέσω διαδοχικών μεταθέσεων (Similarity Profile Permutation tests – SIMPROF) για τον καθορισμό διακριτών, ως προς τη ταξινομική σύνθεση, ομάδων δειγμάτων. Τα αποτελέσματα της ομαδοποίησης οπτικοποιήθηκαν σε συνδυασμό με γραφήματα πολυδιάστατης κλιμάκωσης (Non-metric Multi-Dimensional Scaling, NMDS) (Field *et al.*, 1982). Στις ομάδες δειγμάτων που καθορίστηκαν από την ανάλυση ομαδοποίησης πραγματοποιήθηκε ανάλυση ποσοστών ομοιότητας (Similarity Percentages, SIMPER), για να βρεθούν τα είδη που συνέβαλαν περισσότερο στο χαρακτηρισμό των διαφορετικών ομάδων. Τέλος, υπολογίστηκε η ποικιλότητα των κωπηπόδων και των κλαδοκερωτών στα δείγματα, με τους δείκτες Margalef, Pielou, Shannon και Simpson (Washington, 1982). Οι αναλύσεις ANOSIM, CLUSTER, SIMPROF, NMDS, SIMPER και ο υπολογισμός των δεικτών ποικιλότητας πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό Primer PERMANOVA+ (Clarke & Gorley 2006, Anderson *et al.*, 2008).

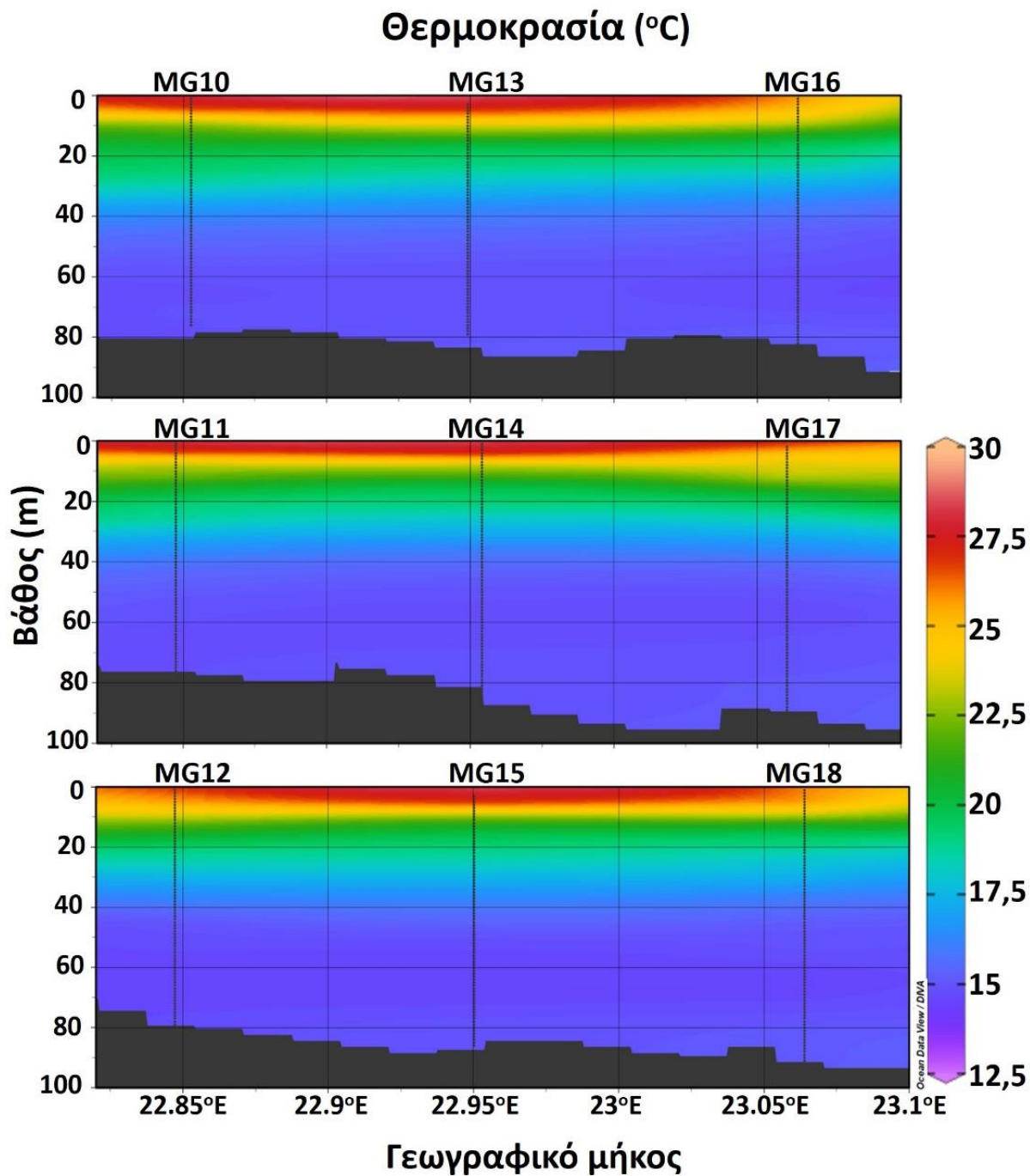
Η μεταβλητότητα της αφθονίας και βιομάζας των κύριων ομάδων μεσοζωοπλαγκτού, καθώς και των δεικτών ποικιλότητας στα στρώματα δειγματοληψίας εξετάστηκε μέσω

πολυπαραγοντικής ανάλυσης διακύμανσης μικτών επιδράσεων (mixed-effects ANOVA), με το σταθμό δειγματοληψίας ως τυχαίο παράγοντα (random factor).

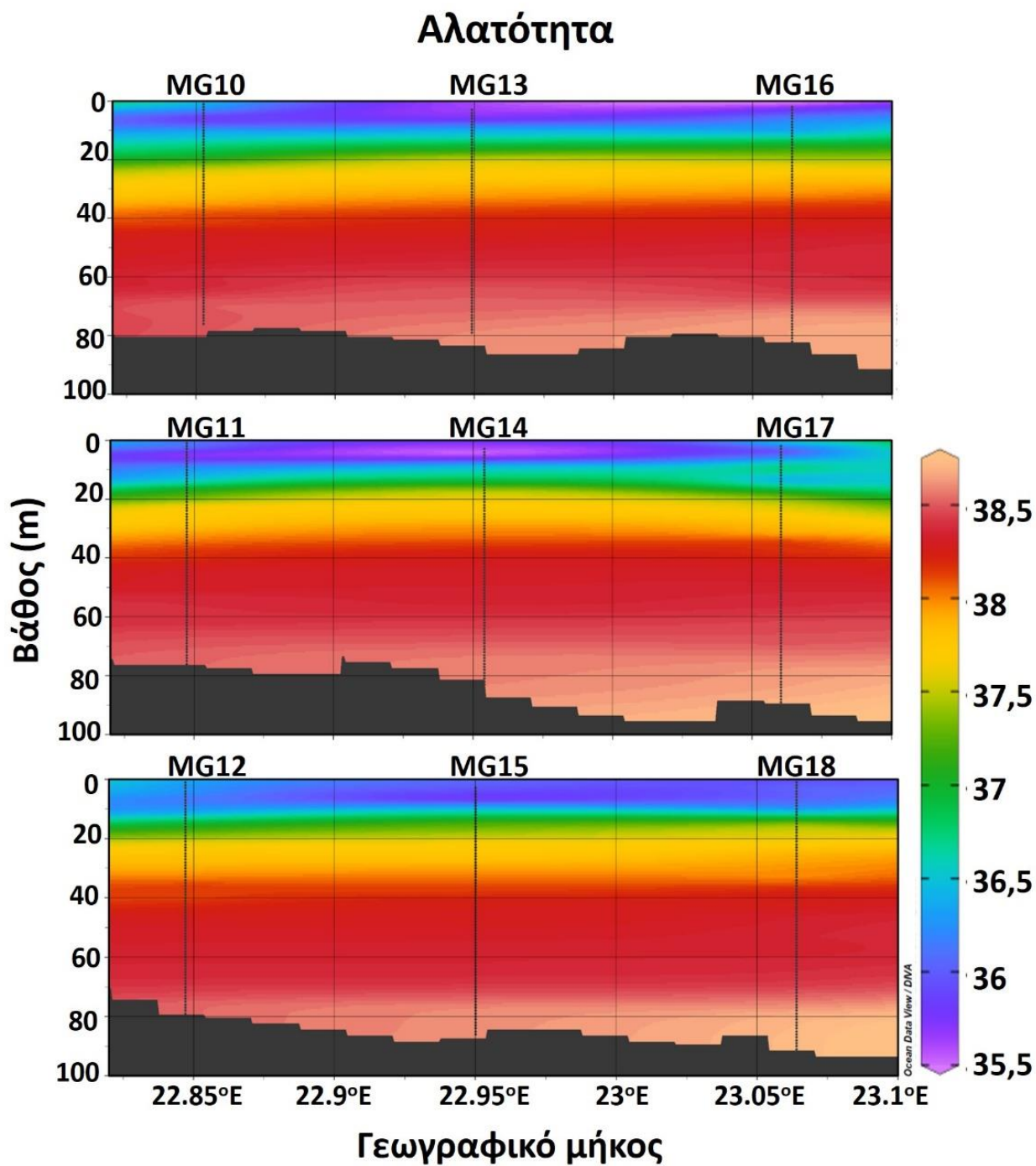
4. Αποτελέσματα

4.1 Φυσικοχημικές μεταβλητές

Στις Εικόνες 3, 4 και 5 παρουσιάζονται οι κατακόρυφες διατομές της θερμοκρασίας, της αλατότητας και του φθορισμού αντίστοιχα κατά μήκος των τριών οριζόντιων διατομών του πλέγματος δειγματοληψίας, με κατεύθυνση από τα δυτικά προς ανατολικά. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, οι τιμές της κυμάνθηκαν από 14,79 μέχρι 27,93 °C, ενώ παράλληλα διακρίνεται η ύπαρξη θερμοκλινούς (30-40 m). Οι τιμές της αλατότητας κυμάνθηκαν μεταξύ 35,61 επιφανειακά και 38,73 στα βαθύτερα στρώματα, με την ύπαρξη αλοκλινούς σε βάθος 30-40 m. Τέλος, ο φθορισμός κυμάνθηκε μεταξύ 0,04 και 2,47 (αυθαίρετες μονάδες) και η μέγιστη φωτοσυνθετική δραστηριότητα καταγράφηκε στα βαθύτερα στρώματα (70-80 m). Οι μετρήσεις του φθορισμού *in situ* βασίζονται στην ιδιότητα φθορισμού της χλωροφύλλης α (Petit *et al.*, 2022). Πιο συγκεκριμένα, το φθορισμόμετρο του CTD εκπέμπει μπλε φως διεγείροντας τη χλωροφύλλης α, ενώ παράλληλα ανιχνεύει το κόκκινο φως που εκπέμπει στο περιβάλλον εκ νέου το διεγερμένο μόριο (Petit *et al.*, 2022). Με τον τρόπο αυτό, η αύξηση στο σήμα που λαμβάνει το φθορισμόμετρο ερμηνεύεται ως αύξηση της συγκέντρωσης χλωροφύλλης α (Petit *et al.*, 2022). Ωστόσο, στην περιοχή και εποχή δειγματοληψίας, δεν είχε βαθμονομηθεί η σχέση μεταξύ φθορισμού και συγκέντρωσης χλωροφύλλης α και οι μονάδες φθορισμού, ενώ θεωρητικά σχετίζονται στενά με τη συγκέντρωση χλωροφύλλης α, χαρακτηρίζονται ως «αυθαίρετες» (arbitrary units) λόγω ακριβώς της έλλειψης βαθμονόμησης του φθορισμόμετρου.

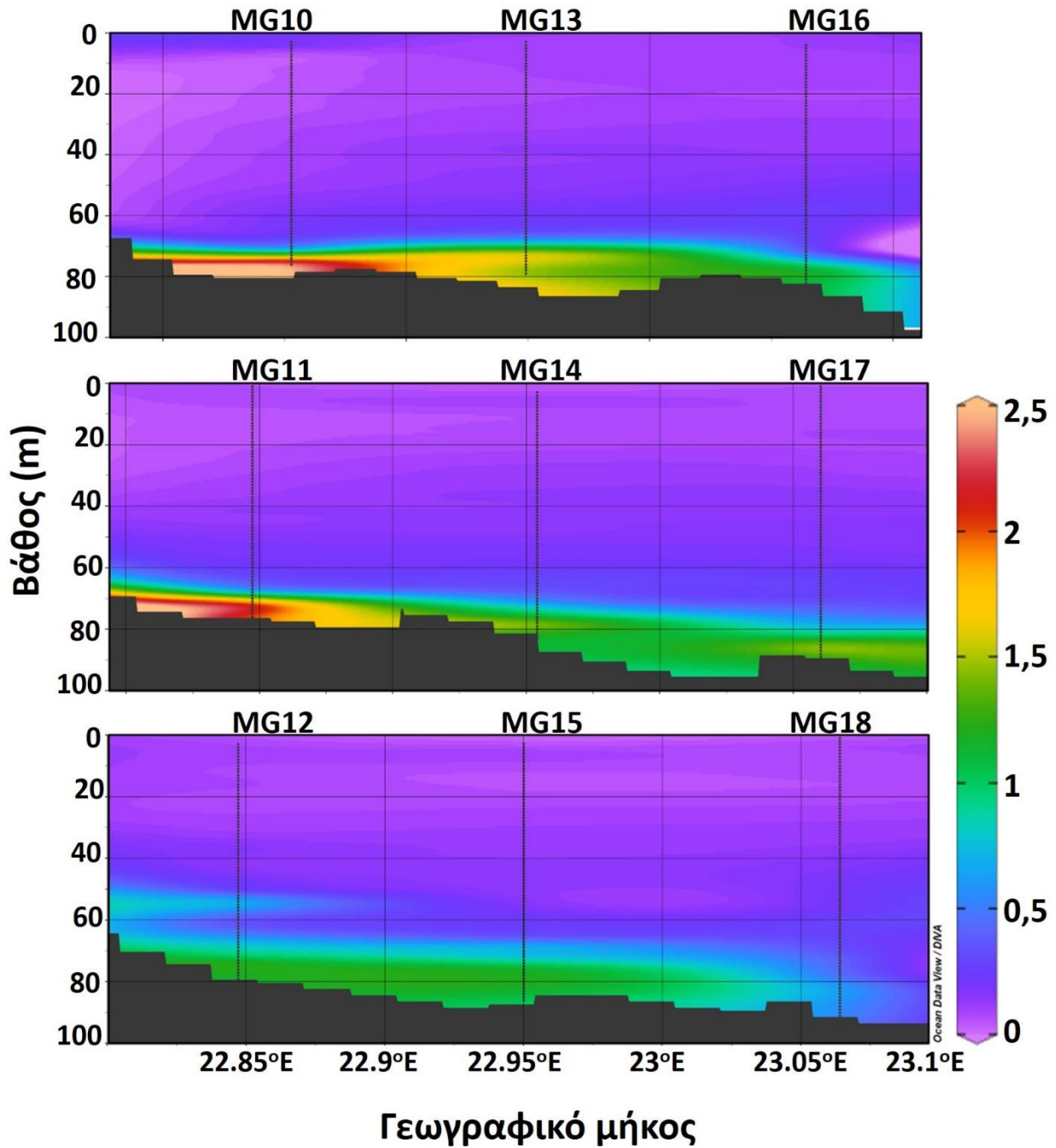


Εικόνα 3: Κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας κατά μήκος των τριών οριζόντιων διατομών του πλέγματος δειγματοληψίας στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016.



Εικόνα 4: Κατακόρυφη κατανομή της αλατότητας κατά μήκος των τριών οριζόντιων διατομών του πλέγματος δειγματοληψίας στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016.

Φθορισμός (αυθαίρετες μονάδες)



Εικόνα 5: Κατακόρυφη κατανομή του φθορισμού κατά μήκος των τριών οριζόντιων διατομών του πλέγματος δειγματοληψίας στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016.

4.2. Σύνθεση ειδών

Στη ζωοπλαγκτική κοινωνία της παρούσας έρευνας καταγράφηκαν συνολικά 75 τάξα από τα οποία τα 56 αναγνωρίστηκαν σε επίπεδο είδους, τα 3 σε επίπεδο γένους και τα υπόλοιπα 16 σε ανώτερο ταξινομικό επίπεδο (Πίνακας 2).

Πιο αναλυτικά, αναγνωρίστηκαν: 53 τάξα κωπηπόδων (Copepoda) (32 τάξα καλανοειδών, 17 τάξα κυκλωποειδών και 4 τάξα αρπακτικοειδών), 4 τάξα κλαδοκερωτών (Cladocera), 2 τάξα κωπηλατών (Appendicularia) και οι παρακάτω ομάδες: αμφίποδα (Amphipoda) δίθυρα (Bivalvia), ιχθείς (Fish), χαιτόγναθα (Chaetognatha), θουσανόποδα (Cirripedia), γαστερόποδα (Gasteropoda), ισόποδα (Isopoda), κνιδόζωα (Cnidaria), μυσιδώδη (Mysida), οστρακώδη (Ostracoda), φορονοειδή (Phoronoida), πολύχαιτοι (Polychaeta), πτερόποδα (Pteropoda), σιφωνοφόρα (Siphonophora), βυτιοειδή (Doliolida) και δεκάποδα (Decapoda).

Αξίζει να σημειωθεί ότι ανάμεσα στα τάξα ζωοπλαγκτού που αναγνωρίστηκαν στην παρούσα εργασία, καταγράφηκε και το καλανοειδές κωπήποδο *Pseudodiaptomus marinus*, το οποίο ταυτοποιήθηκε για πρώτη φορά στο Θερμαϊκό Κόλπο και στο Βόρειο Αιγαίο γενικότερα από τους Kourkoutmani & Michaloudi (2022) από δείγματα που συλλέχθηκαν το 2021, ενώ στη παρούσα εργασία αναλύθηκαν δείγματα που συλλέχθηκαν τον Ιούνιο του 2016.

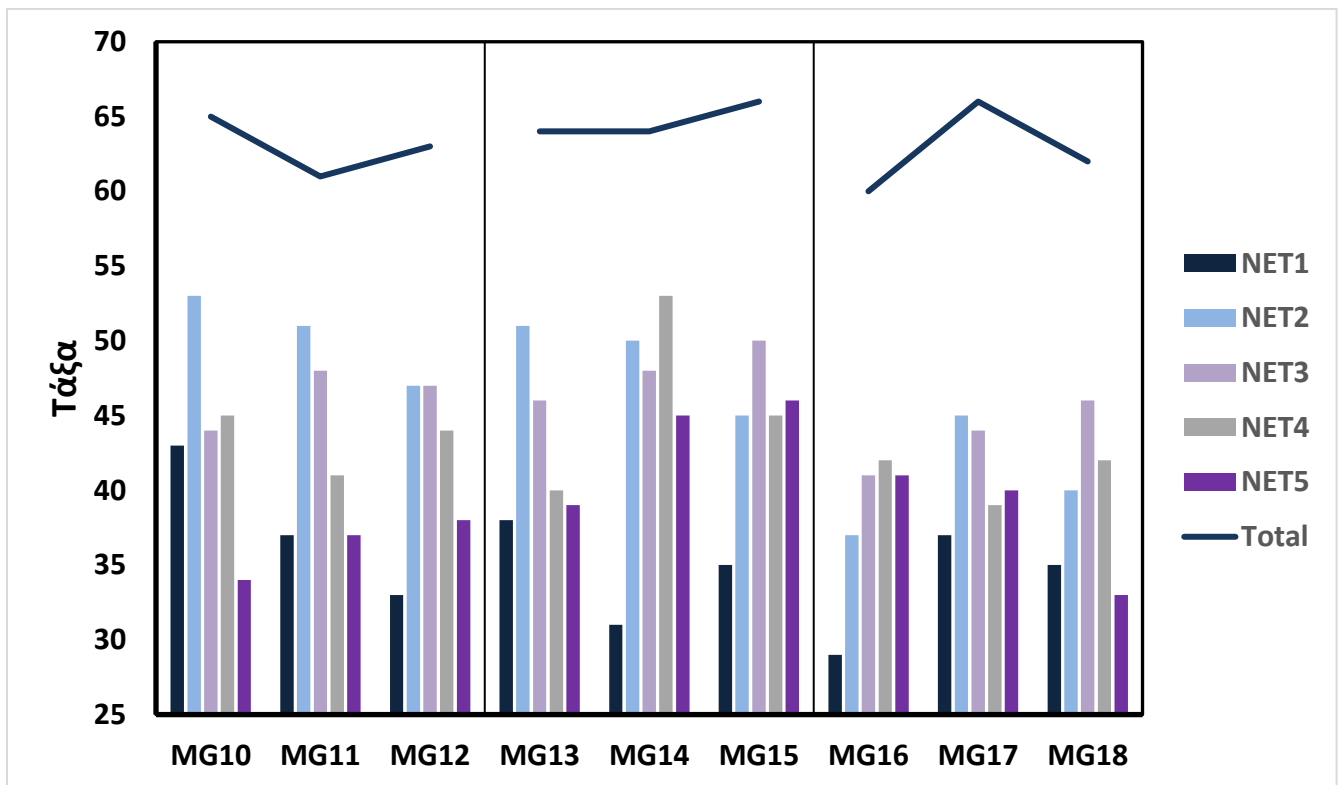
Πίνακας 2: Κατάλογος τάξεων ζωοπλαγκτού που καταγράφηκαν στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016.

| | |
|--|--|
| Copepoda | <i>Corycaeus (Onychocorycaeus) ovalis</i> Claus, 1863 |
| | <i>Corycaeus (Urocorycaeus) furcifer</i> (Claus, 1863) |
| <u>Calanoida</u> | <i>Farranula rostrata</i> (Claus, 1863) |
| <i>Acartia (Acartiura) clausi</i> Giesbrecht, 1889 | <i>Lubbockia squillimana</i> Claus, 1863 |
| <i>Calanus helgolandicus</i> (Claus, 1863) | <i>Lucicutia flavicornis</i> (Claus, 1863) |
| <i>Calocalanus pavo</i> (Dana, 1852) | <i>Oithona plumifera</i> Baird, 1843 |
| <i>Calocalanus ravaninus</i> Farran, 1936 | <i>Oncaea media</i> Giesbrecht, 1891 |
| <i>Calocalanus plumulosus</i> (Claus, 1863) | <i>Oncaea mediterranea</i> (Claus, 1863) |
| <i>Candacia ethiopica</i> (Dana, 1849) | <i>Sapphirina intestinata</i> Giesbrecht, 1891 |
| <i>Candacia giesbrechti</i> Grice & Lawson, 1977 | <i>Sapphirina metallina</i> Dana, 1849 |

| | |
|---|---|
| <i>Candacia simplex</i> (Giesbrecht, 1889) <i>Centropages ponticus</i> Karavaev, 1895 <i>Centropages typicus</i> Krøyer, 1849 <i>Centropages violaceus</i> (Claus, 1863) <i>Clausocalanus arcuicornis</i> (Dana, 1849) <i>Clausocalanus furcatus</i> (Brady, 1883) <i>Clausocalanus jobei</i> Frost & Fleminger, 1968 <i>Clausocalanus mastigophorus</i> (Claus, 1863) <i>Clausocalanus parapergens</i> Frost & Fleminger, 1968 <i>Clausocalanus pergens</i> Farran, 1926 <i>Ctenocalanus vanus</i> Giesbrecht, 1888 <i>Diaixis pygmaea</i> Scott T., 1894 <i>Haloptilus longicornis</i> (Claus, 1863) <i>Isias clavipes</i> Boeck, 1865 <i>Mecynocera clausi</i> Thompson I.C., 1888 <i>Mesocalanus tenuicornis</i> (Dana, 1849) <i>Nannocalanus minor</i> (Claus, 1863) <i>Paracalanus denudatus</i> Sewell, 1929 <i>Paracalanus indicus</i> Wolfenden, 1905 <i>Paracalanus nanus</i> Sars G.O., 1925 <i>Paraeuchaeta hebes</i> (Giesbrecht, 1888) <i>Pontella mediterranea</i> (Claus, 1863) <i>Pseudodiaptomus marinus</i> Sato, 1913 <i>Subeucalanus crassus</i> (Giesbrecht, 1888) <i>Temora stylifera</i> (Dana, 1849) | <i>Sapphirina nigromaculata</i> Claus, 1863 |
| | <u>Harpacticoida</u> <i>Euterpina acutifrons</i> (Dana, 1847) <i>Goniopsyllus clausi</i> Huys & Conroy-Dalton, 2000 <i>Microsetella rosea</i> (Dana, 1847) <i>Tigriopus</i> sp. |
| | Cladocera |
| | <i>Evadne spinifera</i> P.E. Müller, 1867 <i>Penilia avirostris</i> Dana, 1849 <i>Podon intermedius</i> Lilljeborg, 1853 <i>Pseudevadne tergestina</i> Claus, 1877 |
| | Amphipoda |
| | Bivalvia |
| | Fish |
| | Chaetognatha |
| | Cirripedia |
| | Gasteropoda |
| | Isopoda |
| | Appendicularia |
| | <i>Oikopleura</i> sp. <i>Fritillaria</i> sp. |
| | Cnidaria |
| | Mysida |
| | Ostracoda |
| | Phoronida |
| | Polychaeta |
| | Pteropoda |
| | Siphonophora |
| | Doliolida |
| | Decapoda |
| <u>Cyclopoida</u> <i>Copilia quadrata</i> Dana, 1849 <i>Corycaeus (Agetus) flaccus</i> Giesbrecht, 1891 <i>Corycaeus (Agetus) typicus</i> Krøyer, 1849 <i>Corycaeus (Corycaeus) clausi</i> Dahl F., 1894 <i>Corycaeus (Ditrichocorycaeus) brehmi</i> Steuer, 1910 <i>Corycaeus (Onychocorycaeus) giesbrechti</i> (Dahl F., 1894) | |

Ο αριθμός τάξων ζωοπλαγκτού που βρέθηκαν στην παρούσα εργασία παρουσίασε διαφοροποίηση τόσο στους διαφορετικούς σταθμούς όσο και στα διαφορετικά στρώματα δειγματοληψίας (Εικόνα 6). Μικρότερος αριθμός τάξων βρέθηκε στο πιο βαθύ (NET1) και το επιφανειακό στρώμα δειγματοληψίας (NET5), ενώ τα ενδιάμεσα στρώματα (NET2, NET3 &

NET4) παρουσίασαν μεγαλύτερους αριθμούς τάξεων στην πλειονότητα των σταθμών . Ο συνολικός αριθμός τάξεων στους σταθμούς παρουσίασε πολύ μικρότερη διακύμανση σε σχέση με τα στρώματα δειγματοληψίας στα διαφορετικά βάθη. Ο σταθμός MG11 παρουσίασε το μικρότερο αριθμό τάξεων (60) στο σύνολο των στρωμάτων δειγματοληψίας, ενώ οι σταθμοί MG15 και MG17 παρουσίασαν το μεγαλύτερο αριθμό τάξεων (66).

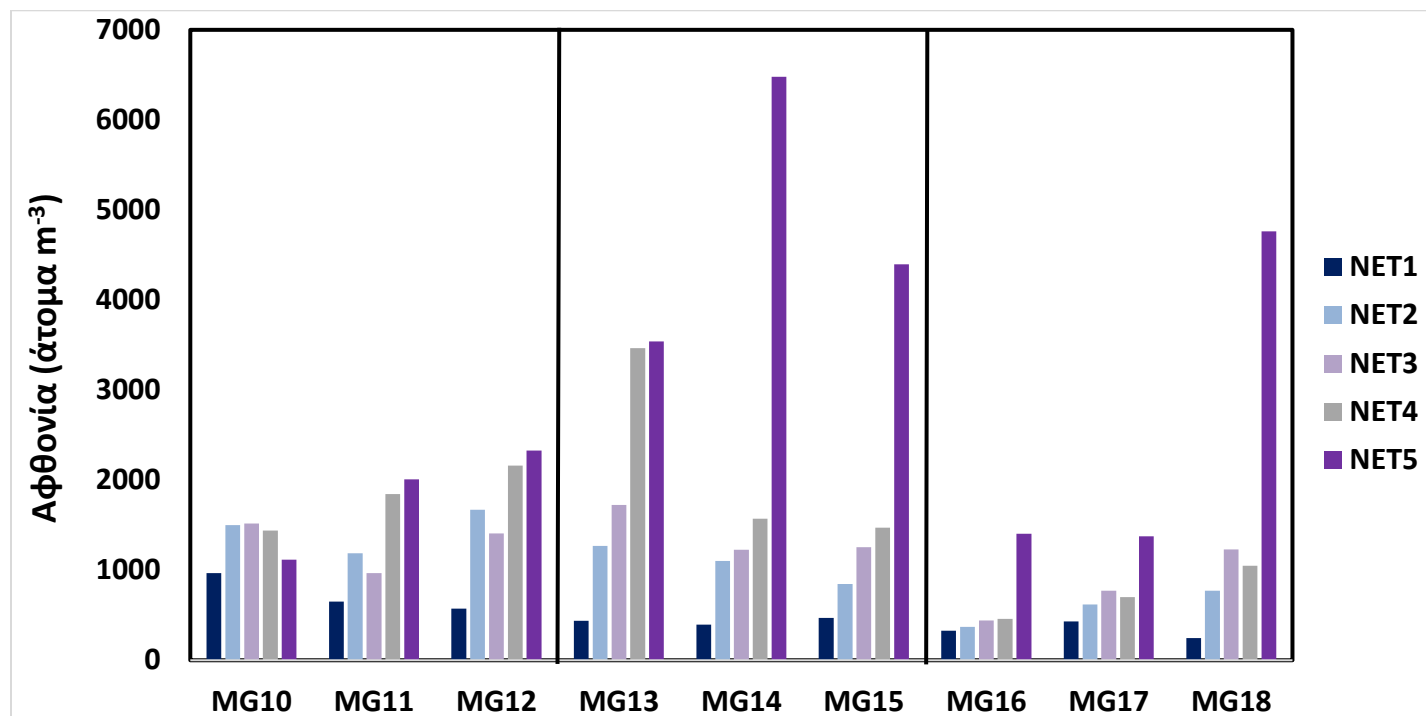


Εικόνα 6: Αριθμός τάξεων ζωοπλαγκτού ανά σταθμό και ανά στρώμα δειγματοληψίας που βρέθηκαν στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016.

4.3 Αφθονία μεσοζωοπλαγκτού

Η αφθονία του μεσοζωοπλαγκτού παρουσίασε έντονη διακύμανση τόσο μεταξύ των στρωμάτων δειγματοληψίας, όσο και μεταξύ των σταθμών (Εικόνα 7). Η χαμηλότερη αφθονία μεσοζωοπλαγκτού μετρήθηκε στο σταθμό MG18 και το στρώμα NET1 (246,73 άτομα m⁻³), ενώ

η υψηλότερη μετρήθηκε στο σταθμό MG14 και το στρώμα NET5 (6789,7 άτομα m⁻³). Φαίνεται ότι τα βαθύτερα στρώματα δειγματοληψίας παρουσίασαν μικρότερες αφθονίες μεσοζωοπλαγκτού σε σχέση με τα επιφανειακά και ότι οι αφθονίες στα επιφανειακά στρώματα ήταν κυρίως μεγαλύτερες στην ενδιάμεση διατομή (MG13, MG14, MG15).



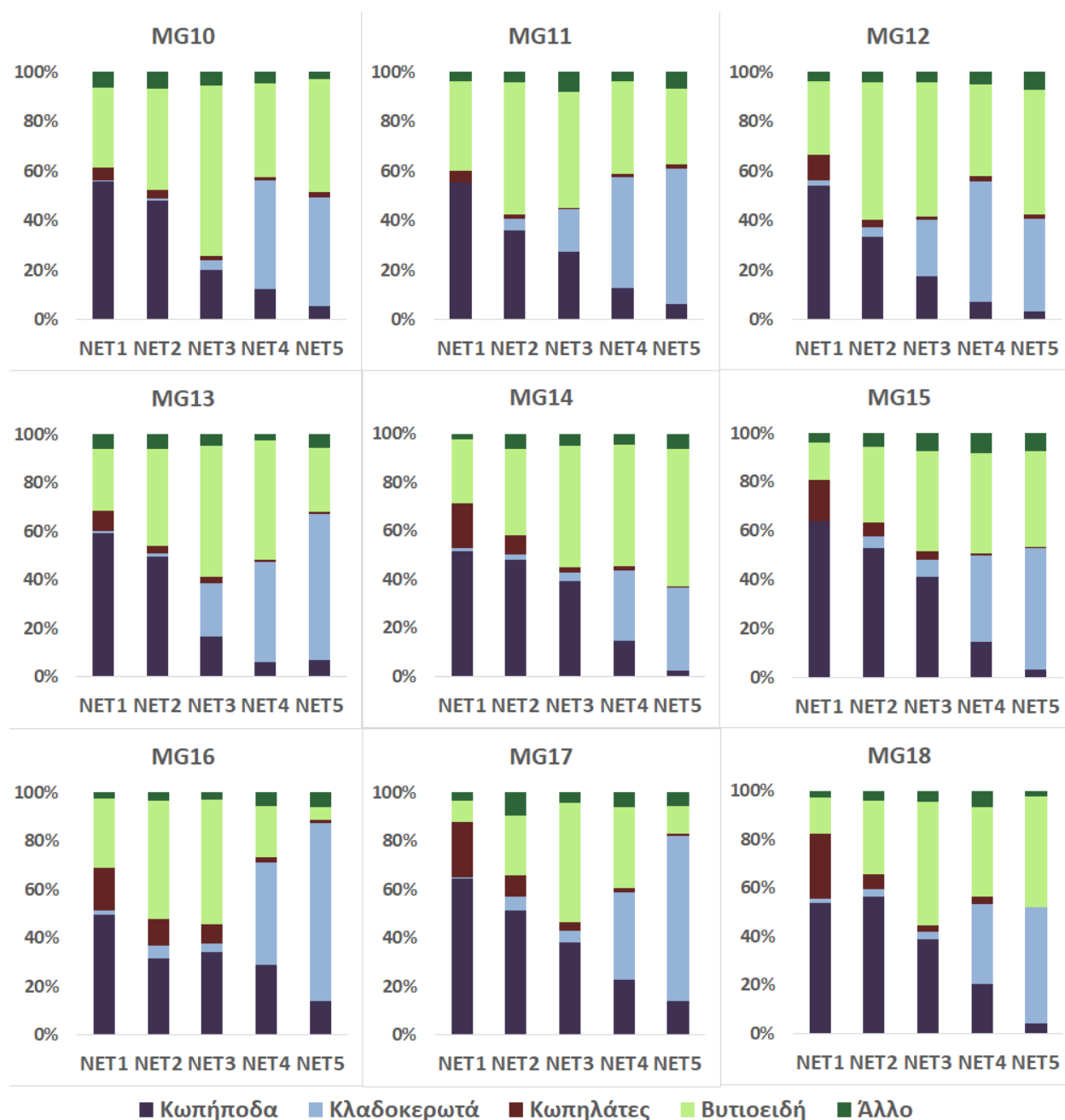
Εικόνα 7: Αφθονία μεσοζωοπλαγκτού ανά σταθμό και ανά στρώμα δειγματοληψίας, στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016.

Η ποσοστιαία αφθονία των κύριων ομάδων μεσοζωοπλαγκτού διαφοροποιήθηκε έντονα μεταξύ των στρωμάτων δειγματοληψίας (Εικόνα 8). Τα κωπήποδα κυριάρχησαν στα βαθιά στρώματα (133-538 άτομα m⁻³ στο NET1 και 116-721 άτομα m⁻³ στο NET2) και τα κλαδοκερωτά στα επιφανειακά (195-1434 άτομα m⁻³ στο NET4 και 487-2270 άτομα m⁻³ στο NET5). Ο μέσος όρος συμμετοχής των κωπηπόδων στην αφθονία μεσοζωοπλαγκτού ήταν 56,38% στο NET1 και 45,21% στο NET2, ενώ των κλαδοκερωτών ήταν 39,40% στο NET4 και 52,12% στο NET5. Η συμμετοχή των βυτιοειδών ήταν αυξημένη σε όλα τα στρώματα δειγματοληψίας,

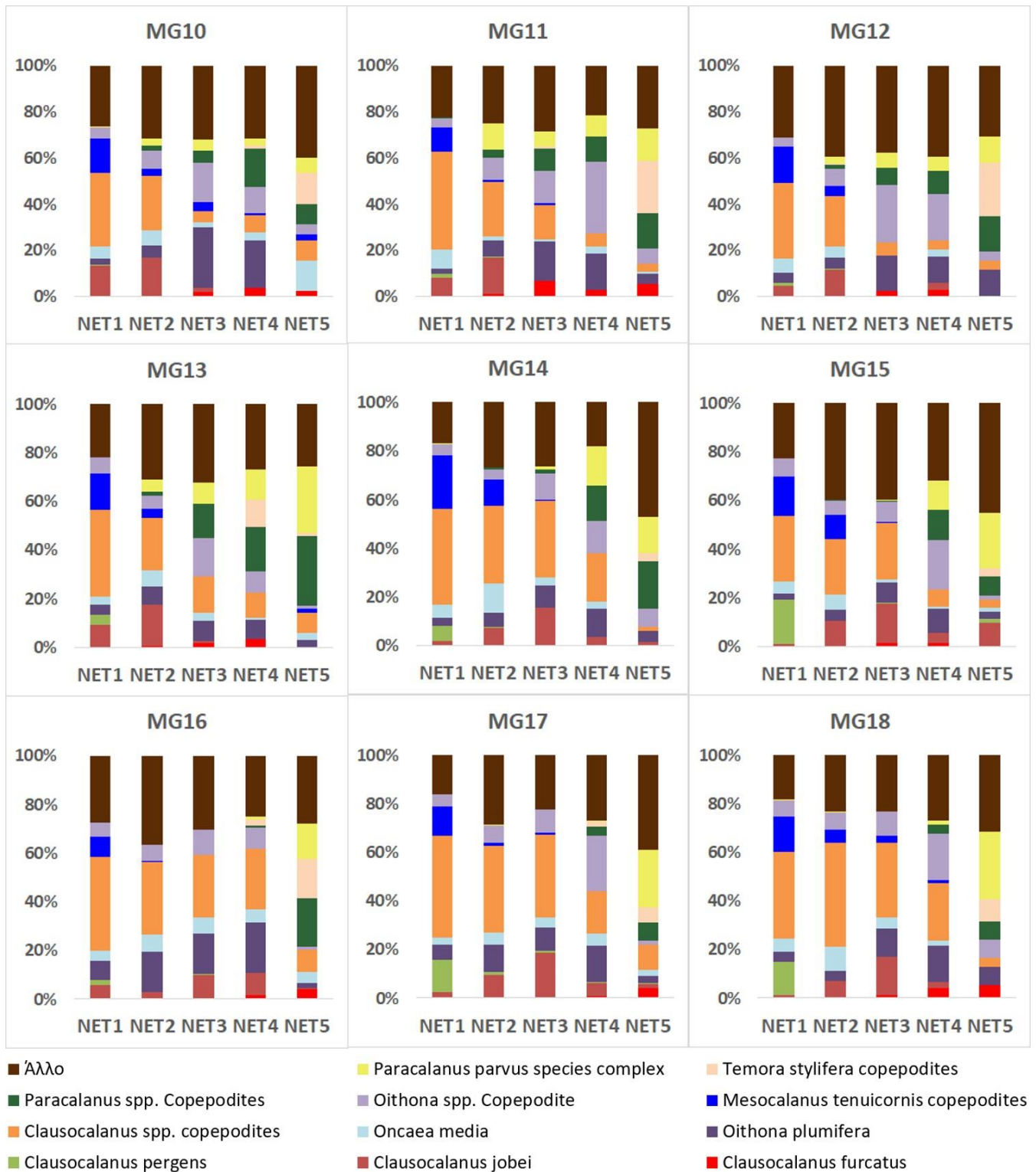
παρουσιάζοντας μέγιστο στα ενδιάμεσα βάρη με εύρος αφθονίας 153-930 άτομα m^{-3} στο NET2, 228-1040 άτομα m^{-3} στο NET3 και 96-1710 άτομα m^{-3} στο NET4 (μέσος όρος συμμετοχής: 40,07% στο NET2, 51,79% στο NET3 και 38,24% στο NET4). Τέλος, οι κωπηλάτες παρουσίασαν μικρότερη συμμετοχή σε σχέση με τις παραπάνω ομάδες, κυρίως στα βαθιά στρώματα δειγματοληψίας με εύρος αφθονίας 31-99 άτομα m^{-3} στο NET1 (μέσος όρος συμμετοχής: 14,60% στο NET1). Οι υπόλοιπες ομάδες είχαν αμελητέα συμμετοχή στην αφθονία μεσοζωοπλαγκτού, με μέσο όρο < 6%.

Στην ποσοστιαία αφθονία των κωπηπόδων κυριάρχησαν οι κωπηποδίτες του γένους *Clausocalanus*, ειδικότερα στα βαθιά στρώματα δειγματοληψίας και η αφθονία τους κυμάνθηκε από 48 έως 170 άτομα m^{-3} στο NET1, από 169 έως 186 άτομα m^{-3} στο NET2 και από 14 έως 147 άτομα m^{-3} στο NET3 (μέσος όρος συμμετοχής: 36,20% στο NET1, 28,11% στο NET2 και 20,56% στο NET3) (Εικόνα 9). Το καλανοειδές *Clausocalanus pergens* και οι κωπηποδίτες του καλανοειδούς *Mesocalanus tenuicornis* παρουσίασαν αυξημένη συμμετοχή στην ποσοστιαία αφθονία των κωπηπόδων μόνο στο βαθύτερο στρώμα δειγματοληψίας (NET1), με εύρος αφθονίας 3-55 άτομα m^{-3} για το πρώτο και 14-81 άτομα m^{-3} για το δεύτερο και μέσο όρο συμμετοχής 6,87% και 14,30% αντίστοιχα. Αντίθετα, οι κωπηποδίτες του γένους *Paracalanus* και του είδους *Temora stylifera*, το καλανοειδές *Clausocalanus furcatus*, καθώς και τα άτομα που ανήκουν στο σύμπλεγμα ειδών *Paracalanus parvus*, εμφανίστηκαν κυρίως στα επιφανειακά στρώματα. Οι αφθονίες των παραπάνω τάξεων στο NET5 κυμάνθηκαν ως εξής: 5-71 άτομα m^{-3} για τους κωπηποδίτες του γένους *Paracalanus*, 4-31 άτομα m^{-3} για τους κωπηποδίτες του είδους *T. stylifera*, 0-11 άτομα m^{-3} για το είδος *C. furcatus* και 4-68 άτομα m^{-3} για το σύμπλεγμα ειδών *P. parvus*, ενώ ο μέσος όρος των ποσοστιαίων συμμετοχών τους ήταν 14,51%, 10,90%, 2,36% και 18,13% αντίστοιχα. Τα κυκλωποειδή *Oithona plumifera* και *Oncaea media*, και οι κωπηποδίτες του γένους *Oithona*, δεν έδειξαν κάποια ιδιαίτερη διαφορά στα στρώματα δειγματοληψίας και το εύρος αφθονίας τους ήταν 0-80 άτομα m^{-3} , 0-64 άτομα m^{-3} και 2-73 άτομα m^{-3} αντίστοιχα. Ο μέσος όρος συμμετοχής τους κυμάνθηκε από 4,13% στο NET1 έως 14,10% στο NET4 για το *O. plumifera*, από 2,86% στο NET5 έως 6,63% στο NET2 για το *O. media* και από 4,01% στο NET5 έως 17,24% στο NET4 για τους κωπηποδίτες του γένους *Oithona*. Τέλος, το καλανοειδές *Clausocalanus jobei* παρουσίασε αυξημένη συμμετοχή στην ποσοστιαία αφθονία των

κωπηπόδων στα ενδιάμεσα στρώματα NET2 (3-118 άτομα m⁻³) και NET3 (0-83 άτομα m⁻³), με μέσο όρο 10,83% και 8,71% αντίστοιχα.



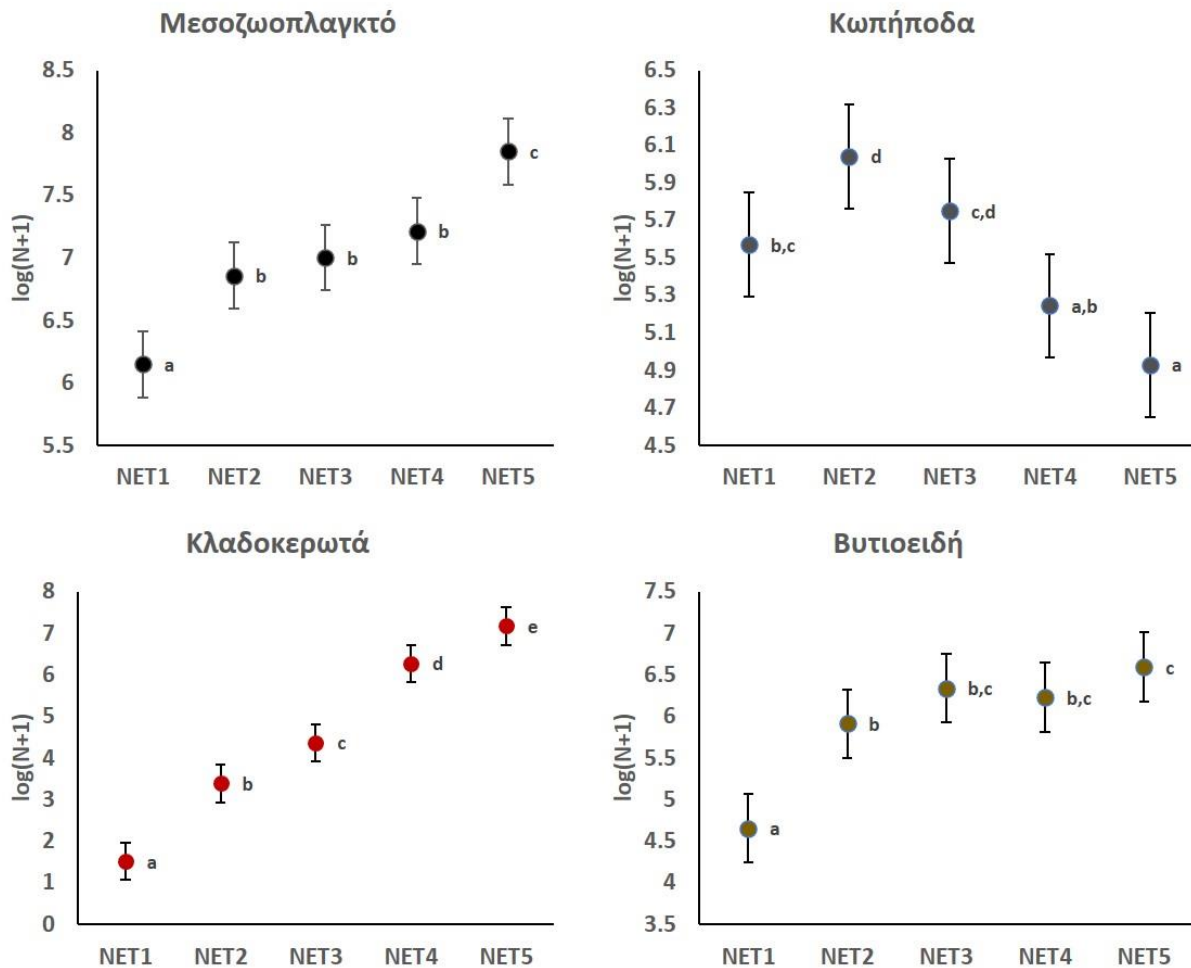
Εικόνα 8: Ποσοστιαία συμμετοχή των κύριων ομάδων στην αφθονία μεσοζωοπλαγκτού ανά σταθμό και ανά στρώμα δειγματοληψίας, στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016. Οι ομάδες που παρουσίασαν μικρή συμμετοχή στην αφθονία μεσοζωοπλαγκτού ομαδοποιήθηκαν και επισημάνθηκαν ως άλλο.



Εικόνα 9: Ποσοστιαία συμμετοχή τάξων στην αφθονία κωπητόδων ανά σταθμό και ανά στρώμα δειγματοληψίας, στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016. Τα τάξα που παρουσίασαν μικρή συμμετοχή στην αφθονία των κωπητόδων ομαδοποιήθηκαν και επισημάνθηκαν ως άλλο.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης ANOSIM, όλα τα στρώματα δειγματοληψίας έδειξαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ τους (έλεγχος κατά ζεύγη-pairwise test) τόσο στην αφθονία των ομάδων ζωοπλαγκτού, όσο και στην αφθονία των ειδών κωπηπόδων και κλαδοκερωτών. Όσον αφορά τη σύγκριση μεταξύ των σταθμών, κανένας σταθμός δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά με τους άλλους ούτε στην αφθονία των ομάδων ζωοπλαγκτού, ούτε στην αφθονία των ειδών κωπηπόδων και κλαδοκερωτών.

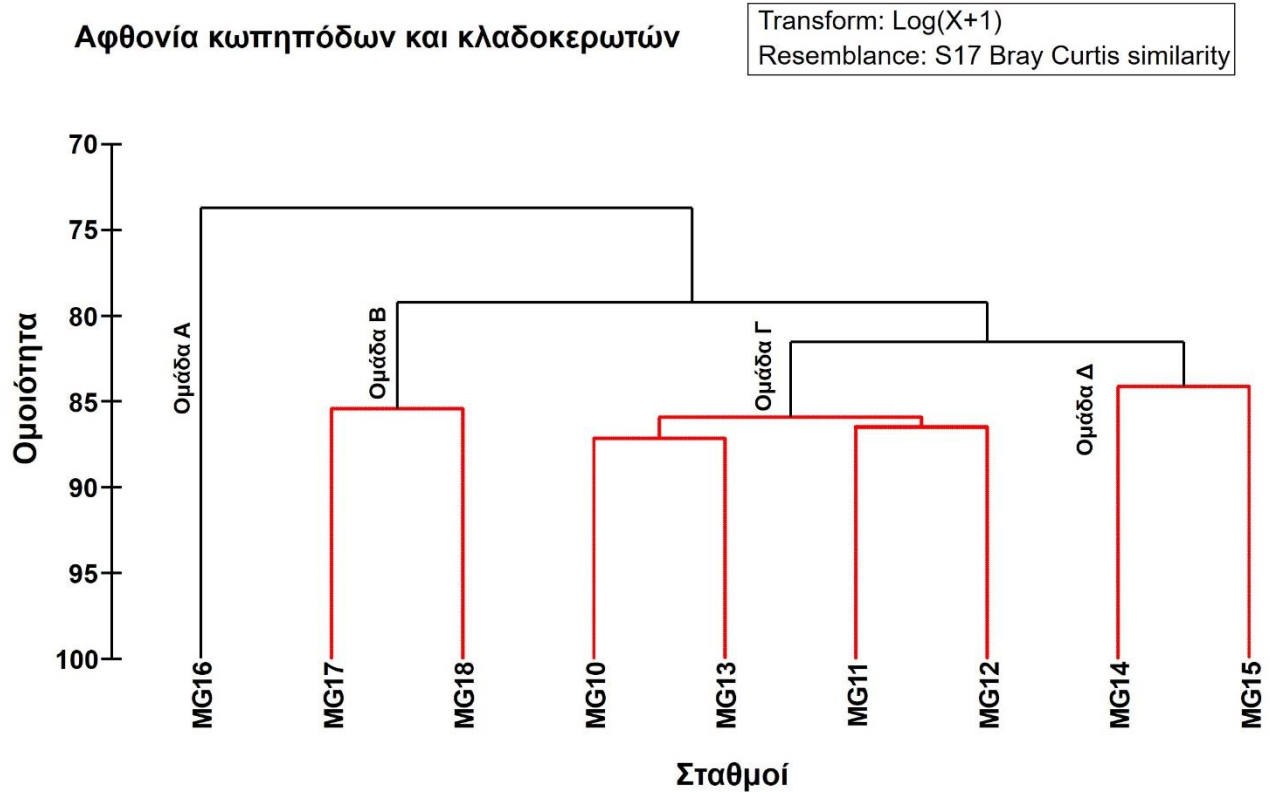
Για να διερευνηθεί η μεταβλητότητα της αφθονίας ανά στρώμα δειγματοληψίας, τόσο του συνολικού μεσοζωοπλαγκτού, όσο και των κύριων ταξινομικών ομάδων, πραγματοποιήθηκε ανάλυση διακύμανσης μικτών επιδράσεων (mixed-effects ANOVA), μετά από λογαρίθμηση των δεδομένων αφθονίας [$\log_e(N+1)$], με το σταθμό δειγματοληψίας ως τυχαίο παράγοντα (random factor) (Εικόνα 10). Η συνολική αφθονία του μεσοζωοπλαγκτού φάνηκε να αυξάνεται από τα βαθύτερα προς τα επιφανειακά στρώματα δειγματοληψίας και να διαχωρίζεται τελικά τρεις ομογενείς ομάδες: a (NET1), b (NET2, NET3, NET4) και c (NET5) (Εικόνα 10). Παρόμοιο πρότυπο μεταβλητότητας παρουσίασε και η ομάδα των κλαδοκερωτών, στην οποία η αύξηση από το βαθύτερο προς το επιφανειακό στρώμα ήταν εντονότερη και πιο σταδιακή (Εικόνα 10). Τα βυτιοειδή παρουσίασαν μεγαλύτερες αφθονίες στα επιφανειακά στρώματα (NET3-NET5) και σημαντικά μικρότερη αφθονία στο βαθύτερο στρώμα (NET1). Τέλος, τα κωπήποδα εμφάνισαν μέγιστο στο δεύτερο στρώμα δειγματοληψίας (NET2) και σταδιακή μείωση προς τα επιφανειακά στρώματα (Εικόνα 10).



Εικόνα 10: Εκτιμώμενοι μέσοι όροι αφθονίας (least-square means) ανά στρώμα δειγματοληψίας (NET), στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016. Οι μπάρες αντιστοιχούν σε διαστήματα εμπιστοσύνης Bonferroni (95%) και τα γράμματα a, b, c, d και e συμβολίζουν ομογενείς ομάδες αφθονίας ($p < 0,05$).

Η διαφοροποίηση στο χώρο της αφθονίας των ειδών κωπητόδων και κλαδοκερωτών εξετάστηκε με ανάλυση CLUSTER-SIMPROF (Εικόνα 11). Η ομοιότητα μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας ήταν $>70\%$ και ο έλεγχος SIMPROF ανέδειξε τέσσερις στατιστικά σημαντικές ($p < 0,5$) ομάδες σταθμών: την ομάδα Α (MG16), την ομάδα Β (MG17, MG18), την ομάδα Γ (MG10, MG11, MG12, MG13) και την ομάδα Δ (MG14, MG15). Ο σταθμός MG16 φάνηκε να διαφοροποιείται περισσότερο από τους υπόλοιπους σταθμούς, ενώ οι σταθμοί MG14 και MG15

(Ομάδα Δ) παρουσίασαν μεγαλύτερη ομοιότητα με τους σταθμούς της ομάδας Γ, παρά με τους σταθμούς της ανατολικής διατομής (Ομάδες Α και Β).



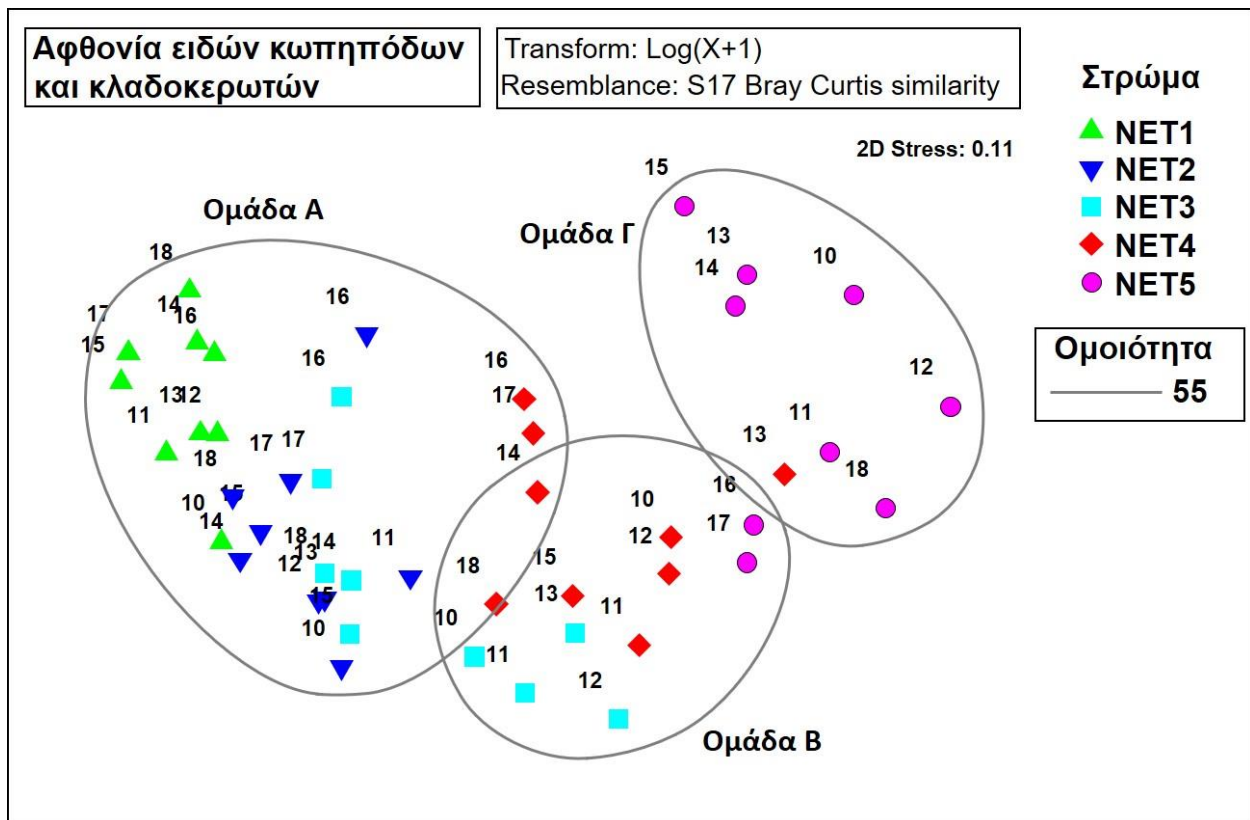
Εικόνα 11: Ανάλυση CLUSTER-SIMPROF στην αφθονία των ειδών κωπηπόδων και κλαδοκερωτών μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016. Οι κόκκινοι κλάδοι δείχνουν τους μη σημαντικούς διαχωρισμούς βάσει του τεστ SIMPROF ($p > 0,05$).

Το ποσοστό ανομοιότητας μεταξύ των ομάδων σταθμών καθώς και τα είδη που είχαν τη μεγαλύτερη συμβολή στην ανομοιότητα αυτή φαίνονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Αποτελέσματα της ανάλυσης SIMPER για την ανομοιότητα μεταξύ των καθορισμένων από την ανάλυση CLUSTER-SIMPROF ομάδων σταθμών, βάσει της αφθονίας ειδών κωπηπόδων και κλαδοκερωτών, στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016.

| Ομάδα A vs Ομάδα B | Ομάδα A vs Ομάδα Γ | Ομάδα A vs Ομάδα Δ |
|---|--|---|
| Μέση ανομοιότητα = 20,95 | Μέση ανομοιότητα = 27,01 | Μέση ανομοιότητα = 30,15 |
| <i>Clausocalanus pergens</i> 7,55% | <i>Evadne spinifera</i> 5,51% | <i>Evadne spinifera</i> 7,14% |
| <i>Evadne spinifera</i> 5,63% | <i>M. tenuicornis</i> copepodites 4,67% | <i>M. tenuicornis</i> copepodites 5,31% |
| <i>M. tenuicornis</i> copepodites 5,56% | <i>Pareuchaeta hebes</i> copepodites 4,38% | <i>Clausocalanus pergens</i> 4,64% |
| Ομάδα B vs Ομάδα Γ | Ομάδα B vs Ομάδα Δ | Ομάδα Γ vs Ομάδα Δ |
| Μέση ανομοιότητα = 21,32 | Μέση ανομοιότητα = 19,68 | Μέση ανομοιότητα = 18,46 |
| <i>Clausocalanus pergens</i> 5,08% | <i>Evadne spinifera</i> 5,08% | <i>Clausocalanus pergens</i> 5,19% |
| <i>Paravalanus</i> spp. copepodites 4,79% | Calanoida copepodites 4,20% | <i>Clausocalanus arcuicornis</i> 3,83% |
| <i>Clausocalanus arcuicornis</i> 4,15% | <i>Centropages typicus</i> copepodites 3,75% | <i>Paracalanus</i> spp. males 3,69% |

Η διαφοροποίηση μεταξύ των διαφορετικών δειγμάτων (σταθμός × στρώμα δειγματοληψίας) στην αφθονία ειδών κωπηπόδων και κλαδοκερωτών αναλύθηκε επίσης με CLUSTER-SIMPROF και συνοδεύτηκε από ανάλυση πολυδιάστατης κλιμάκωσης (NMDS) (Εικόνα 12). Από την CLUSTER-SIMPROF διαχωρίστηκαν τρεις ομάδες δειγμάτων (A, B, Γ), οι οποίες παρουσιάζονται συνδυαστικά στο γράφημα της NMDS (Εικόνα 12).



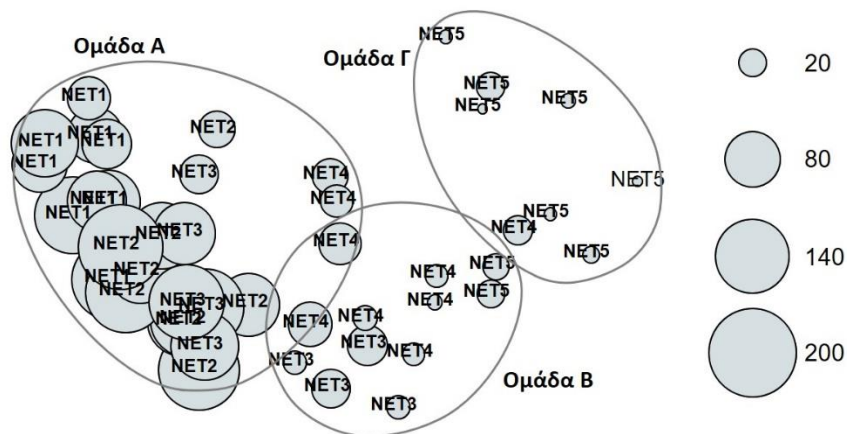
Εικόνα 12: Γράφημα πολυδιάστατης κλιμάκωσης (NMDS) στις αφθονίες των ειδών κωπηπόδων και κλαδοκερωτών στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016. Οι αριθμοί στο γράφημα συμβολίζουν τους σταθμούς και τα διαφορετικά χρώματα και σχήματα τα στρώματα δειγματοληψίας. Τα δείγματα χωρίζονται σε τρεις ομάδες που καθορίστηκαν από την ανάλυση CLUSTER-SIMPREF σε επίπεδο ομοιότητας 55%.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση SIMPER στις ομάδες που καθορίστηκαν από την CLUSTER, ώστε να διερευνηθεί σε ποια τάξη κωπηπόδων και κλαδοκερωτών οφείλεται αυτός ο διαχωρισμός (Πίνακας 4). Μεγαλύτερη συμβολή στην ομοιότητα της ομάδας Α είχαν οι κωπηποδίτες των γενών *Clausocalanus* και *Oithona*. Στην ομάδα Β μεγαλύτερη συμβολή είχαν το κλαδοκερωτό *P. anirostris* και οι κωπηποδίτες του γένους *Paracalanus*, ενώ στην ομάδα Γ, η συμβολή του *P. anirostris* αυξήθηκε ακόμα περισσότερο και ακολούθησε το κλαδοκερωτό *Evadne spinifera*. Η μεταβλητότητα της αφθονίας των κύριων τάξεων που συμβάλλουν στην ομοιότητα των ομάδων δίνεται στην Εικόνα 13.

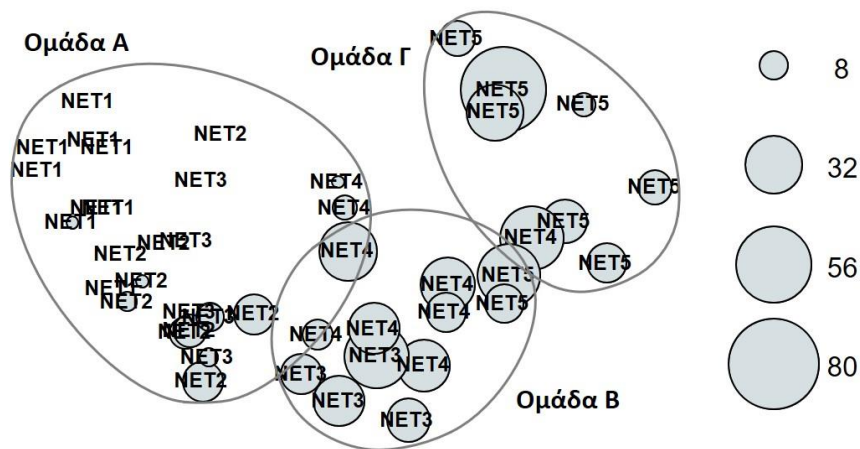
Πίνακας 4: Ποσοστιαία συμμετοχή κωπηπόδων και κλαδοκερωτών στην ομοιότητα των τριών ομάδων δειγμάτων (similarity percentages, SIMPER) στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016. Παρουσιάζονται τα τάξα των οποίων η συναθροιστική συμβολή στην ομοιότητα ισούται με ~ 50%.

| Ομάδα A | Συμβολή (%) |
|---------------------------------------|-------------|
| <i>Clausocalanus</i> spp. copepodites | 12,14 |
| <i>Oithona</i> spp. copepodites | 7,94 |
| <i>Oithona plumifera</i> | 7,73 |
| <i>Clausocalanus jobei</i> | 7,01 |
| <i>Oncaea media</i> | 6,89 |
| <i>Penilia avirostris</i> | 5,85 |
| <i>Ctenocalanus vanus</i> | 5,64 |
| Ομάδα B | |
| <i>Penilia avirostris</i> | 15,52 |
| <i>Paracalanus</i> spp. copepodites | 8,04 |
| <i>Oithona</i> spp. copepodites | 8 |
| <i>Oithona plumifera</i> | 7,81 |
| <i>Clausocalanus</i> spp. copepodites | 7,53 |
| <i>Clausocalanus furcatus</i> | 4,16 |
| Ομάδα Γ | |
| <i>Penilia avirostris</i> | 24,57 |
| <i>Evadne spinifera</i> | 12,44 |
| <i>Paracalanus</i> spp. copepodites | 9,05 |
| <i>Temora stylifera</i> copepodites | 7,36 |

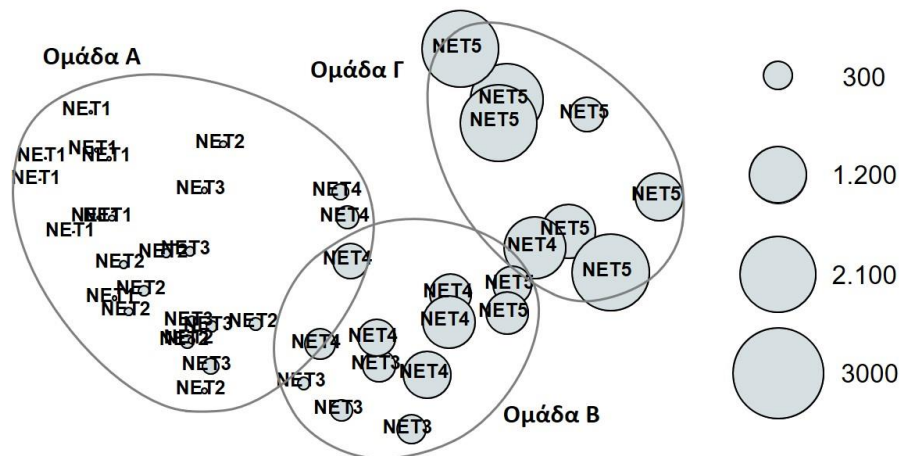
Clausocalanus spp. copepodites



Paracalanus spp. copepodites

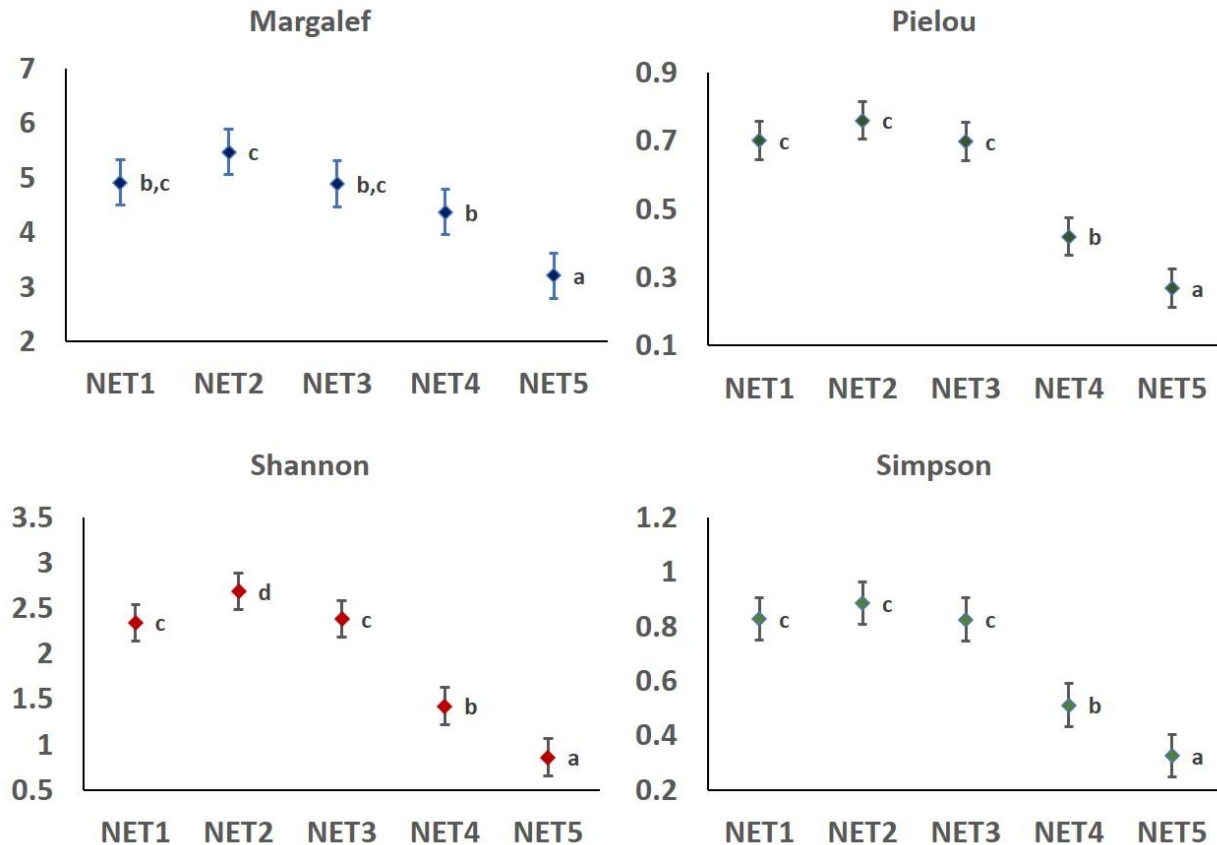


Penilia avirostris



Εικόνα 13: Γραφήματα φυσαλίδων αφθονίας/NMDS για τα κύρια τάξα κωπηπόδων και κλαδοκερωτών που συμβάλλουν στην ομοιότητα των ομάδων στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016.

Οι δείκτες ποικιλότητας ανά στρώμα δειγματοληψίας, όπως εκτιμήθηκαν για τα κωπήποδα και τα κλαδοκερωτά, παρουσιάζονται στην Εικόνα 14. Η τιμές των δεικτών παρουσίασαν μέγιστο στο στρώμα NET2 και ήταν σημαντικά χαμηλότερες στα επιφανειακά στρώματα, ειδικότερα στο ανώτερο στρώμα (NET5).

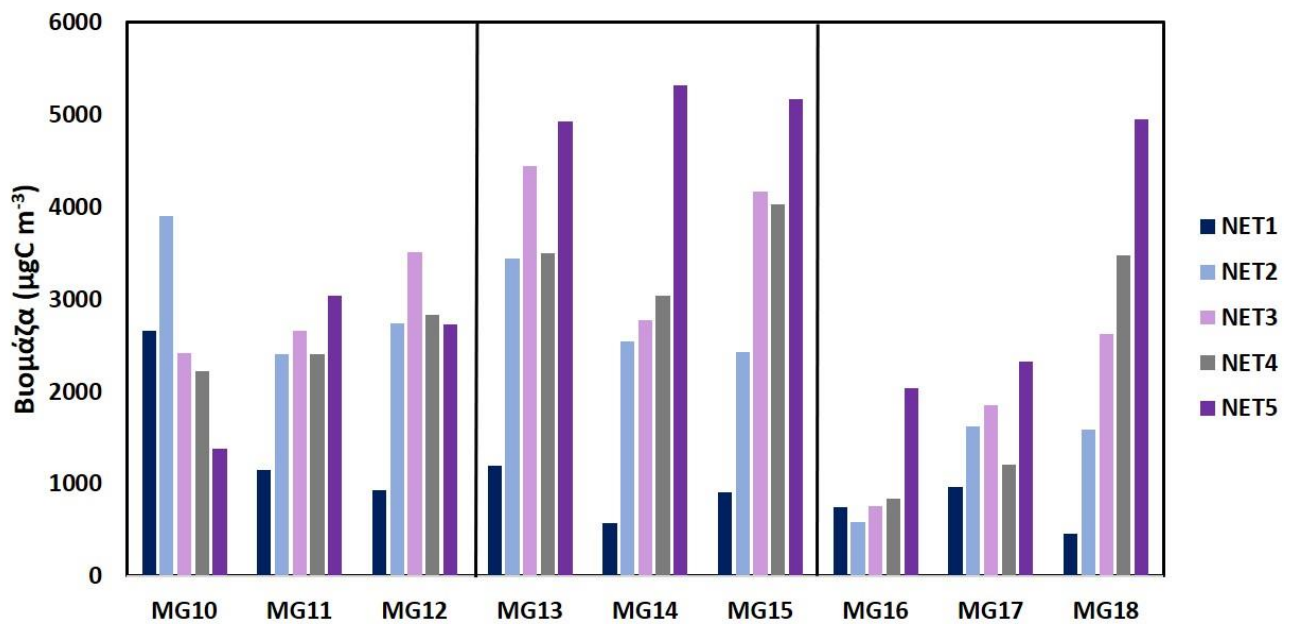


Εικόνα 14: Εκτιμώμενοι μέσοι όροι (least-square means) των δεικτών ποικιλότητας ανά στρώμα δειγματοληψίας (NET), στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016. Οι μπάρες αντιστοιχούν σε διαστήματα εμπιστοσύνης Bonferroni (95%) και τα γράμματα a, b, c και d συμβολίζουν ομογενείς ομάδες ($p < 0,05$).

4.4. Βιομάζα μεσοζωοπλαγκτού

Η βιομάζα του μεσοζωοπλαγκτού (Εικόνα 15) παρουσίασε μικρότερη διακύμανση μεταξύ των στρωμάτων δειγματοληψίας σε σχέση με την αφθονία. Το επιφανειακό στρώμα

(NET5) και το στρώμα μέγιστης πλαγκτικής ακουστικής ανάκλασης (NET3) εμφάνισαν τις μεγαλύτερες τιμές βιομάζας στους περισσότερους σταθμούς, ενώ στον σταθμό MG10 η βιομάζα μεσοζωοπλαγκτού ήταν μέγιστη στο στρώμα δειγματοληψίας NET2. Μέγιστη τιμή βιομάζας σημειώθηκε στο σταθμό MG14 και το στρώμα NET5 (5325,59 $\mu\text{g C m}^{-3}$) και ελάχιστη στο σταθμό MG18 και το στρώμα NET1 (462,3 $\mu\text{g C m}^{-3}$).

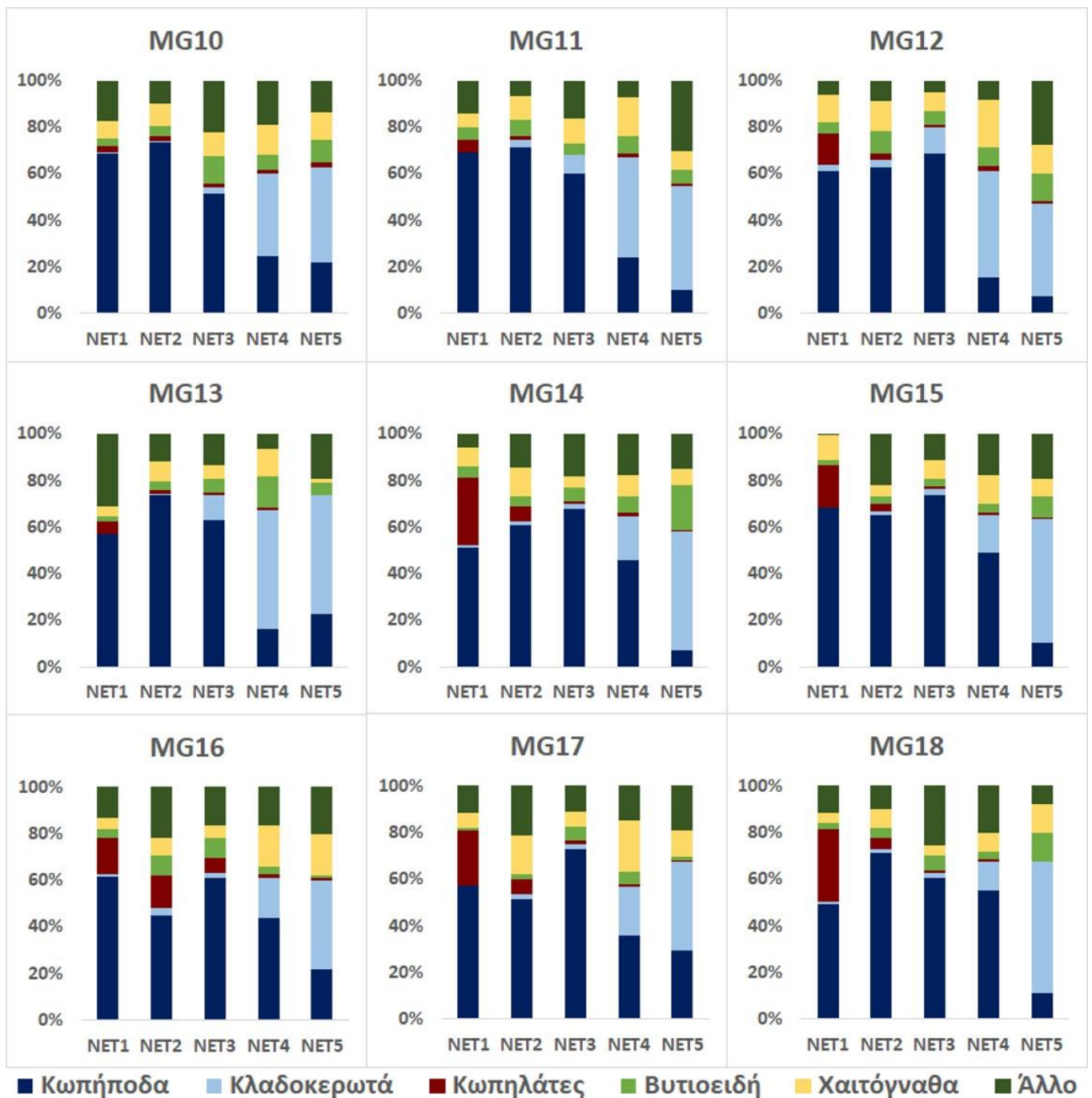


Εικόνα 15: Βιομάζα μεσοζωοπλαγκτού ανά σταθμό και ανά στρώμα δειγματοληψίας, στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016.

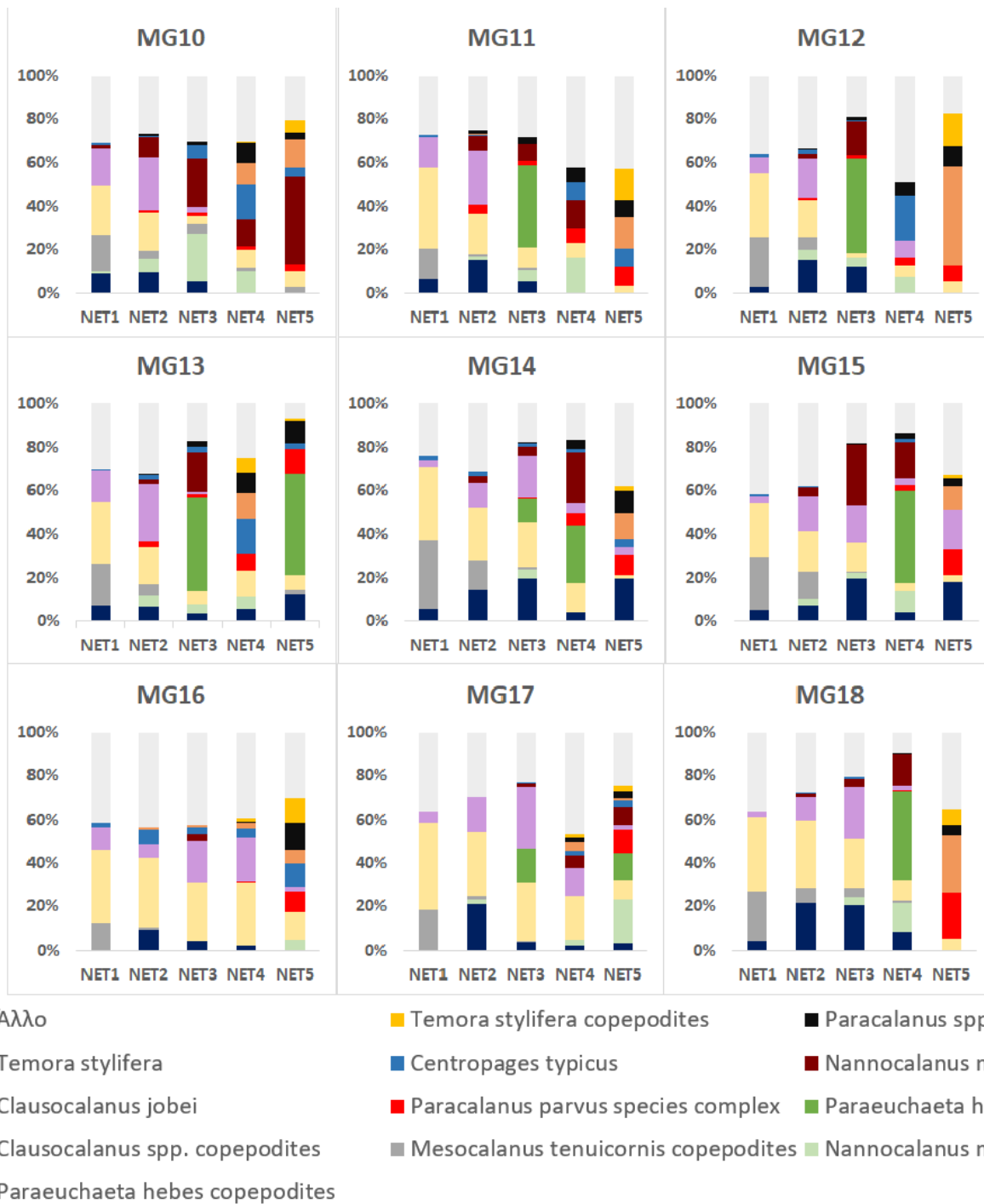
Στην ποσοστιαία σύνθεση βιομάζας του μεσοζωοπλαγκτού κυριάρχησαν τα κωπήποδα με μέγιστη συμμετοχή στα βαθιά και τα ενδιάμεσα στρώματα δειγματοληψίας (Εικόνα 16). Πιο αναλυτικά, ο μέσος όρος συμμετοχής των κωπηπόδων ήταν 60,33% στο NET1, 63,78% στο NET2 και 64,28% στο NET3. Τα κλαδοκερωτά παρουσίασαν υψηλή συμμετοχή στη βιομάζα του μεσοζωοπλαγκτού μόνο στα επιφανειακά στρώματα (NET4, NET5), με μέσο όρο 29,06% και 45,87% αντίστοιχα, ενώ η συμμετοχή των κωπηλατών ήταν αυξημένη μόνο στο βαθύ στρώμα δειγματοληψίας (NET1) και σε ορισμένους μόνο σταθμούς (μέσος όρος συμμετοχής: 16,03%). Τέλος, παρόλο που τα βυτιοειδή κυριάρχησαν στην αφθονία των περισσότερων δειγμάτων,

είχαν πολύ μικρή συμμετοχή στη ποσοστιαία σύνθεση της βιομάζας μεσοζωοπλαγκτού σε όλα τα στρώματα δειγματοληψίας, ο μέσος όρος της οποίας κυμάνθηκε από 3,36% στο NET1 έως 8,36% στο NET5. Οι υπόλοιπες ομάδες παρουσίασαν μικρή συμμετοχή στη βιομάζα μεσοζωοπλαγκτού.

Η ποσοστιαία σύνθεση των τάξεων στη βιομάζα κωπηπόδων διαφοροποιήθηκε έντονα στα στρώματα δειγματοληψίας (Εικόνα 17). Στο βαθύ στρώμα (NET1) κυριάρχησαν οι κωπηποδίτες των γενών *Clausocalanus* και *Mesocalanus* καθώς και το καλανοειδές κωπήποδο *C. jobei*, με μέσο όρο συμμετοχής 31,70%, 20,11% και 8,43% αντίστοιχα. Στα ενδιάμεσα στρώματα NET2 και NET3, αυξημένη βιομάζα παρουσίασαν οι κωπηποδίτες του γένους *Clausocalanus* (μέσος όρος συμμετοχής 22,90% και 14,51%) και του είδους *Paraeuchaeta hebes* (μέσος όρος συμμετοχής 13,36% και 10,47%) και το είδος *C. jobei* (μέσος όρος συμμετοχής 16,86% και 12,32%). Τα καλανοειδή *P. hebes* και *Nannocalanus minor* είχαν αυξημένη συμμετοχή στα στρώματα NET3 και NET4, με μέσο όρο 16,67% και 12,09% για το πρώτο και 11,63% και 9,46% για το δεύτερο. Στα επιφανειακά στρώματα NET4 και NET5, εμφανίστηκαν οι κωπηποδίτες και τα ενήλικα άτομα του είδους *T. stylifera* και του γένους *Paracalanus*, ενώ αυξημένη συμμετοχή στη βιομάζα παρουσίασαν ενίοτε και οι κωπηποδίτες και τα ενήλικα άτομα των ειδών *P. hebes* και *N. minor*, τα καλανοειδή *Centropages typicus* και *C. jobei* και οι κωπηποδίτες του γένους *Clausocalanus*. Πιο αναλυτικά, ο μέσος όρος συμμετοχής στο επιφανειακό στρώμα NET5, ήταν 14,35% για το *T. stylifera* και 10,19% για τα άτομα που ανήκουν στο σύμπλεγμα ειδών *P. parvus*.



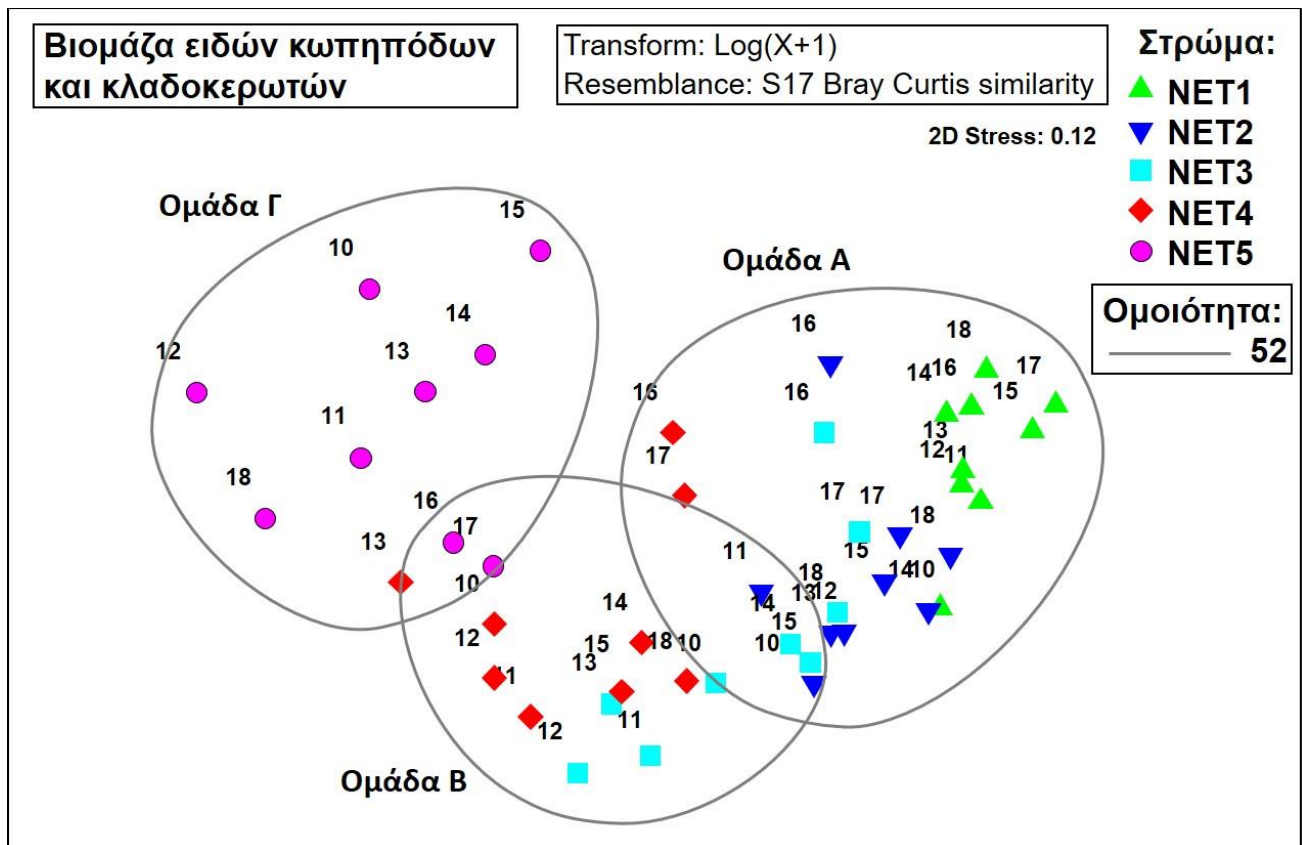
Εικόνα 16: Ποσοστιαία συμμετοχή των κύριων ομάδων στη βιομάζα (µg C) μεσοζωοπλαγκτού ανά σταθμό και ανά στρώμα δειγματοληψίας, στο Θερµαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016. Οι ομάδες που παρουσίασαν µικρή συμμετοχή στη βιοµάζα μεσοζωοπλαγκτού οµαδοποιήθηκαν και επισηµάνθηκαν ως άλλο



Εικόνα 17 Ποσοστιαία συμμετοχή των τάξων στη βιομάζα (µg C) κωπηπόδων ανά σταθμό και ανά στρώμα δειγματοληψίας, στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016. Τα τάξα που παρουσίασαν μικρή συμμετοχή στη βιομάζα των κωπηπόδων ομαδοποιήθηκαν και επισημάνθηκαν ως άλλο.

Η ανάλυση ANOSIM για τη βιομάζα ειδών κωπηπόδων και κλαδοκερωτών έδειξε ότι όλα τα στρώματα δειγματοληψίας διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους, ενώ οι σταθμοί δεν διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους, με μία εξαίρεση, τους σταθμούς MG10 και MG16 ($p = 0,032$).

Για να εξεταστεί η διαφοροποίηση των δειγμάτων ως προς τη βιομάζα, πραγματοποιήθηκε ανάλυση πολυδιάστατης κλιμάκωσης (NMDS) στα δεδομένα βιομάζας των κωπηπόδων και κλαδοκερωτών (Εικόνα 18). Από την ανάλυση CLUSTER-SIMPROF, θέτοντας το επίπεδο ομοιότητας στο 52%, προέκυψαν τρεις ομάδες (Α, Β, Γ).



Εικόνα 18: Γράφημα πολυδιάστατης κλιμάκωσης (NMDS) στις βιομάζες των ειδών κωπηπόδων και κλαδοκερωτών στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016. Οι αριθμοί στο γράφημα συμβολίζουν τους σταθμούς και τα διαφορετικά χρώματα και σχήματα τα στρώματα δειγματοληψίας. Τα δείγματα χωρίζονται σε τρεις ομάδες με ομοιότητα 52% (ανάλυση CLUSTER-SIMPROF).

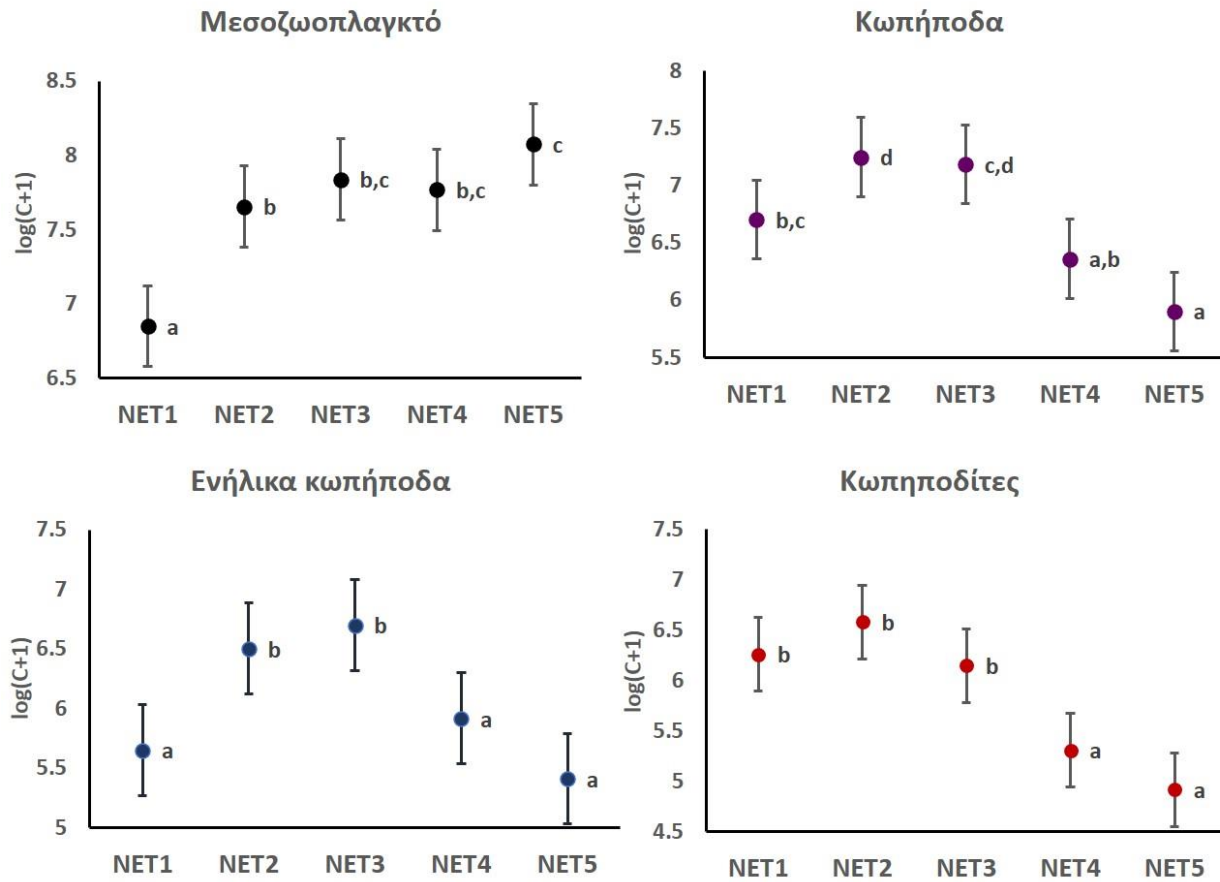
Για να βρεθούν τα τάξα στα οποία οφείλεται ο διαχωρισμός των τριών ομάδων της ανάλυσης CLUSTER πραγματοποιήθηκε ανάλυση SIMPER (Πίνακας 5). Μεγαλύτερη συμβολή στην ομοιότητα της ομάδας Α είχαν οι κωπηποδίτες του γένους *Clausocalanus* και τα καλανοειδή κωπήποδα *Clausocalanus jobei* και *Ctenocalanus vanus*. Στην ομοιότητα της ομάδας Β, μεγαλύτερη συμβολή παρουσίασαν το κλαδοκερωτό *Penilia avirostris* και οι κωπηποδίτες των γενών *Clausocalanus* και *Paracalanus*. Το κλαδοκερωτό *P. avirostris* παρουσίασε μέγιστη συμβολή στην ομοιότητα της ομάδας Γ, μαζί με τα καλανοειδή κωπήποδα που ανήκουν στο σύμπλεγμα ειδών *Paracalanus parvus*, τους κωπηποδίτες του γένους *Paracalanus* και τους κωπηποδίτες και τα ενήλικα άτομα του είδους *Temora stylifera*.

Πίνακας 5: Ποσοστιαία συμμετοχή των τάξεων κωπηπόδων και κλαδοκερωτών (δεδομένα βιομάζας) στην ομοιότητα των ομάδων δειγμάτων που προέκυψαν από την ανάλυση CLUSTER στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016 (similarity percentages, SIMPER). Παρουσιάζονται τα τάξα των οποίων η συναθροιστική συμβολή στην ομοιότητα ισούται με ~50%.

| Ομάδα Α | Συμβολή (%) |
|--|-------------|
| <i>Clausocalanus</i> spp. copepodites | 10,4 |
| <i>Clausocalanus jobei</i> | 7,94 |
| <i>Ctenocalanus vanus</i> | 6,72 |
| <i>Paraeuchaeta hebes</i> copepodites | 5,88 |
| <i>Mesocalanus tenuicornis</i> copepodites | 5,42 |
| <i>Oncaea media</i> | 5,35 |
| <i>Ctenocalanus vanus</i> copepodites | 5,24 |
| <i>Oithona plumifera</i> | 5,11 |
| Ομάδα Β | |
| <i>Penilia avirostris</i> | 11,86 |
| <i>Clausocalanus</i> spp. copepodites | 7,41 |
| <i>Paracalanus</i> spp. copepodites | 6,21 |
| <i>Nannocalanus minor</i> copepodites | 5,77 |
| <i>Paracalanus parvus</i> species complex | 5,73 |
| <i>Nannocalanus minor</i> | 5,52 |
| <i>Oithona plumifera</i> | 5,39 |
| <i>Oithona</i> spp. copepodites | 4,19 |
| Ομάδα Γ | |
| <i>Penilia avirostris</i> | 22,24 |

| | |
|---|------|
| <i>Paracalanus parvus</i> species complex | 8,83 |
| <i>Paracalanus</i> spp. copepodites | 8,77 |
| <i>Temora stylifera</i> | 8,65 |
| <i>Temora stylifera</i> copepodites | 7,89 |

Η μεταβλητότητα, ανά στρώμα δειγματοληψίας, της βιομάζας του μεσοζωοπλαγκτού, των κωπηπόδων (ενήλικα και κωπηποδίτες), των ενήλικων κωπηπόδων και των κωπηποδιτών απεικονίζεται στην Εικόνα 19. Γενικά, η αλλαγή με το βάθος στη βιομάζα του μεσοζωοπλαγκτού παρουσίασε ελαφρώς διαφορετικό πρότυπο σε σχέση με την αφθονία, με μέγιστο βιομάζας στο επιφανειακό στρώμα (NET5) και με ένα δεύτερο μικρότερο μέγιστο στο στρώμα μέγιστης πλαγκτικής ακουστικής ανάκλασης (NET3). Η βιομάζα των ενήλικων κωπηπόδων παρουσίασε μέγιστο στο στρώμα NET3 και ελάχιστο στο βαθύ (NET1) και το επιφανειακό στρώμα (NET5). Οι κωπηποδίτες είχαν υψηλότερη βιομάζα στα βαθύτερα στρώματα σε σχέση με τα ενήλικα κωπήποδα, με μέγιστο στο στρώμα NET2 και ελάχιστο στο επιφανειακό στρώμα (NET5). Τέλος, το πρότυπο μεταβλητότητας των συνολικών κωπηπόδων ήταν παρόμοιο με αυτό των κωπηποδιτών, με μέγιστο στο στρώμα NET2.



Εικόνα 19: Εκτιμώμενοι μέσοι όροι της βιομάζας (least-square means) ανά στρώμα δειγματοληψίας (NET), στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016. Οι μπάρες αντιστοιχούν σε διαστήματα εμπιστοσύνης Bonferroni (95%) και τα γράμματα a, b, c και d συμβολίζουν ομογενείς ομάδες βιομάζας ($p < 0,05$).

5. Συζήτηση

5.1. Φυσικοχημικές μεταβλητές

Η στήλη του νερού στην περιοχή δειγματοληψίας εμφάνισε έντονη στρωμάτωση τον Ιούνιο, με το θερμοκλινές και το αλοκλινές να εντοπίζονται σε βάθος 30-40 m. Τα αποτελέσματα των Petala *et al.* (2018) για τις φυσικοχημικές συνθήκες σε τρεις σταθμούς στο Θερμαϊκό Κόλπο (ένας από τους οποίους στον εξωτερικό Θερμαϊκό Κόλπο) δείχνουν επίσης έντονη στρωμάτωση

της υδάτινης στήλης τον Ιούλιο. Η στρωμάτωση της υδάτινης στήλης τη θερμή περίοδο είναι κοινό φαινόμενο στα ενδιάμεσα γεωγραφικά πλάτη (Saiz *et al.*, 2014). Πιο συγκεκριμένα, η στρωμάτωση της υδάτινης στήλης στη Μεσόγειο ξεκινά περίπου τον Απρίλιο και εξαφανίζεται τελείως την περίοδο Νοεμβρίου-Δεκεμβρίου (Saiz *et al.*, 2014). Τα αποτελέσματα συγκριτικών μελετών μεταξύ στρωματοποιημένων και αναμεμιγμένων υδάτινων στηλών δείχνουν ότι η στρωμάτωση επηρεάζει έντονα τις κατακόρυφες κατανομές των ζωοπλαγκτικών οργανισμών (Turner & Dagg, 1983, Farstey *et al.*, 2002, Ramfos *et al.*, 2006).

Η μεταβλητότητα του φθορισμού στη στήλη του νερού υπέδειξε την ύπαρξη μέγιστου της χλωροφύλλης κοντά στον πυθμένα (70-80 m). Γενικότερα, η έντονη στρωμάτωση τη θερμή περίοδο στη Μεσόγειο έχει ως αποτέλεσμα τη μετατόπιση του μέγιστου χλωροφύλλης σε μεγαλύτερα βάθη, όπου υπάρχει ακόμα επαρκές ηλιακό φως και υψηλότερη διαθεσιμότητα θρεπτικών (Saiz *et al.*, 2014). Η εμφάνιση εποχικού μέγιστου χλωροφύλλης σε μεγάλα βάθη είναι κοινή στις εύκρατες περιοχές όπου τα θρεπτικά εξαντλούνται από τα επιφανειακά στρώματα τη θερμή περίοδο (Denaro *et al.*, 2013). Το μέγιστο χλωροφύλλης επηρεάζει έντονα την κατακόρυφη κατανομή των ζωοπλαγκτικών οργανισμών (Saiz *et al.*, 2014). Ειδικότερα, η συγκέντρωση του επιπελαγικού ζωοπλαγκτού στη Μεσόγειο κατά τη διάρκεια της ημέρας μεγιστοποιείται στα βάθη όπου εμφανίζεται το μέγιστο χλωροφύλλης το καλοκαίρι (70-90 m) (Saiz *et al.*, 2014). Τη νύχτα το πρότυπο αυτό αλλάζει λόγω της νυχθημερήσιας κατακόρυφης μετανάστευσης πολλών ζωοπλαγκτικών οργανισμών, οι οποίοι ανεβαίνουν στα επιφανειακά στρώματα (25-50 m) (Saiz *et al.*, 2014). Το βάθος του μέγιστου χλωροφύλλης έχει επίσης συσχετιστεί με υψηλές πυκνότητες αναπτυξιακών σταδίων των κωπηπόδων (ναύπλιοι και κωπηποδίτες) (Saiz *et al.*, 2014). Ωστόσο, η κατακόρυφη κατανομή των ζωοπλαγκτικών οργανισμών δεν σχετίζεται εξ' ολοκλήρου με το μέγιστο χλωροφύλλης (Saiz *et al.*, 2014). Ειδικότερα σε επίπεδο είδους, οι μικρής κλίμακας διαβαθμίσεις της στήλης του νερού και τα συμπεριφορικά χαρακτηριστικά κάθε είδους (προτιμήσεις για συγκεκριμένα εύρη φυσικοχημικών μεταβλητών, αποφυγή θηρευτών, εύρεση συγκεκριμένης λείας κ.α.) μπορούν να καθορίσουν τις προτιμήσεις οικοθέσης σε διαφορετικά βάθη της υδάτινης στήλης (Saiz *et al.*, 2014). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο διαχωρισμός των ειδών του γένους *Clausocalanus* σε κατακόρυφη κλίμακα στη στήλη του νερού (Peralba & Mazzocchi, 2004).

Επίσης, παρόλο που το μέγιστο της χλωροφύλλης βρίσκεται σε μεγάλα βάθη το καλοκαίρι, το μέγιστο της φυτοπλαγκτικής παραγωγής εμφανίζεται σε μικρότερο βάθος και μπορεί να αποτελέσει δυνητική λεία διαφορετικού τύπου (π.χ. μιζότροφα βλεφαριδωτά) για το ζωοπλαγκτό που βρίσκεται στα επιφανειακά στρώματα (Saiz *et al.*, 2014).

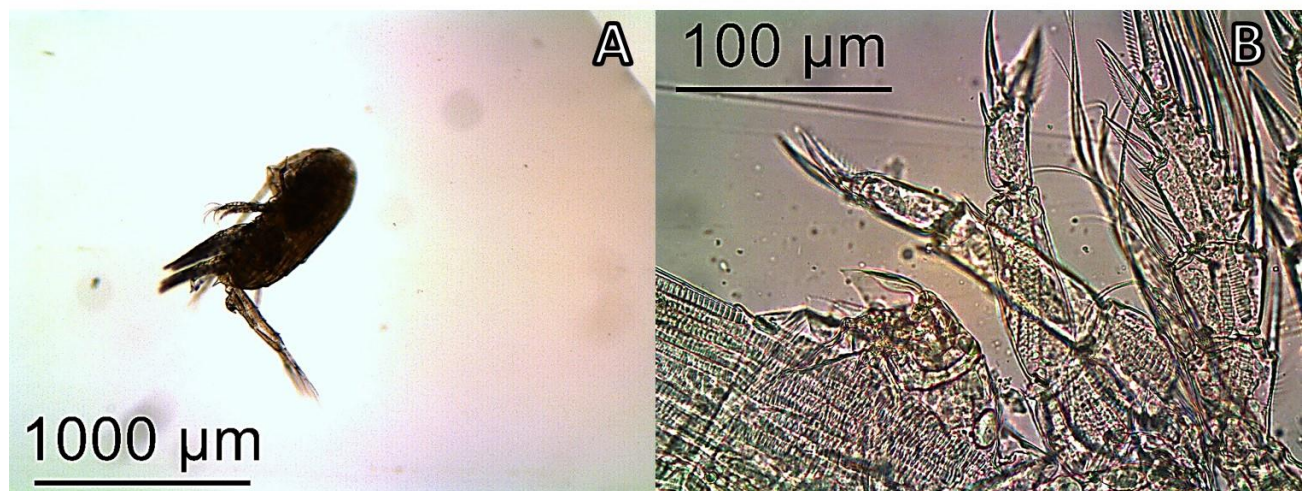
5.2. Σύνθεση ειδών

Η αναγνώριση σε επίπεδο είδους έγινε στις ομάδες των κωπηπόδων και των κλαδοκερωτών. Τα κωπήποδα παρουσίασαν τη μεγαλύτερη ποικιλότητα (53 είδη) και ακολούθησαν τα κλαδοκερωτά (4 είδη). Η μελέτη της ζωοπλαγκτικής κοινωνίας σε επίπεδο είδους συνίσταται για την καλύτερη κατανόηση της δυναμικής των κοινοτήτων και των βιολογικών αλληλεπιδράσεων σε αυτές, καθώς και για την ανάπτυξη αξιόπιστων προγνωστικών μοντέλων (Mazzocchi *et al.*, 2011). Επίσης, παρόλο που η συνύπαρξη των πελαγικών ειδών έχει αποδοθεί στην τυχαιότητα, η παρατήρηση επαναλαμβανόμενων προτύπων στην κατανομή των πλαγκτικών οργανισμών αποδεικνύει το αντίθετο, καθώς παρόμοιες ή συμπληρωματικές οικολογικές ανάγκες οδηγούν στη συνύπαρξη των ειδών (Mazzocchi *et al.*, 2011).

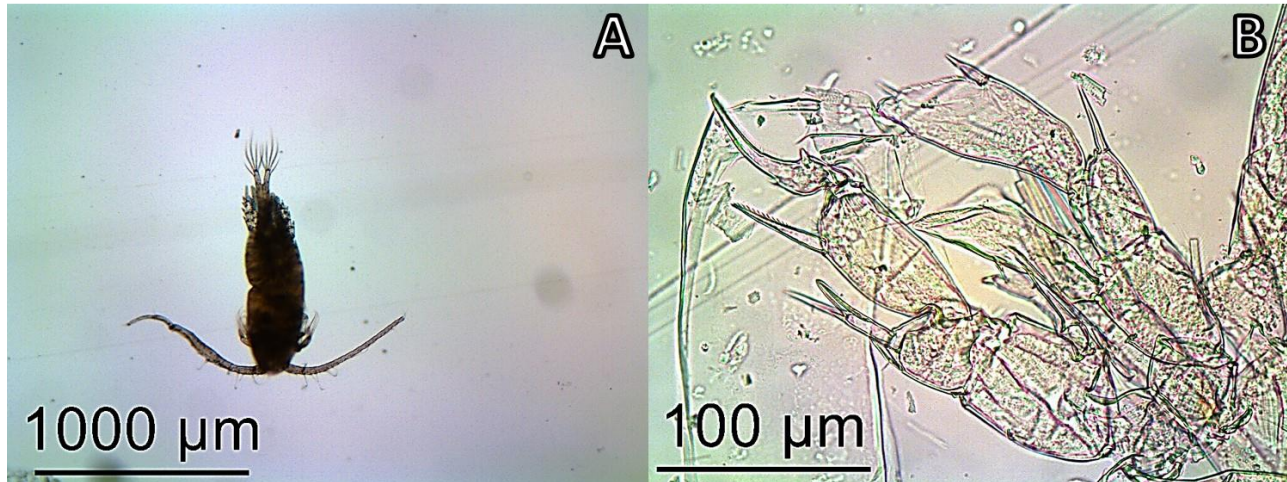
Στην ομάδα των κωπηπόδων αναγνωρίστηκαν τρεις τάξεις (καλανοειδή, κυκλωποειδή, αρπακτικοειδή) από τις οποίες τα καλανοειδή εμφάνισαν τη μεγαλύτερη ποικιλότητα (32 είδη). Τα περισσότερα είδη που καταγράφηκαν αποτελούν κοινούς αντιπρόσωπους των πελαγικών κωπηπόδων του Αιγαίου Πελάγους και της Ανατολικής Μεσογείου γενικότερα. Πιο συγκεκριμένα, τα 38 από τα 53 είδη που αναγνωρίστηκαν στην παρούσα έρευνα έχουν καταγραφεί και από την Αλβανού (2002) στο Θερμαϊκό Κόλπο, ενώ στη διαδικτυακή βάση Razouls (2022) αναφέρονται όλα τα είδη κωπηπόδων της παρούσας εργασίας στην περιοχή του Αιγαίου, εκτός από τέσσερα (*Paracalanus indicus*, *Pseudodiaptomus marinus*, *Sapphirina nigromagulata*, *Goniopsyllus clausi*), τα οποία ωστόσο αναφέρονται στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου.

Το καλανοειδές κωπήποδο *Pseudodiaptomus marinus* καταγράφηκε για πρώτη φορά στο Θερμαϊκό Κόλπο και στο Βόρειο Αιγαίο γενικότερα από τους Kourkoutmani & Michaloudi (2022).

Τα δείγματα στα οποία ταυτοποιήθηκε το *P. marinus* από τους Kourkoutmani & Michaloudi (2022) συλλέχθηκαν τον Αύγουστο, Σεπτέμβριο και Οκτώβριο του 2021 στον εσωτερικό Θερμαϊκό Κόλπο. Στην παρούσα εργασία καταγράφηκαν τρία άτομα του είδους *P. marinus*, από δείγματα που συλλέχθηκαν τον Ιούνιο 2016 στον εξωτερικό Θερμαϊκό Κόλπο: ένα θηλυκό άτομο στον σταθμό MG14 και το στρώμα δειγματοληψίας NET5 (Εικόνα 20), ένα αρσενικό άτομο στον σταθμό MG14 και το στρώμα δειγματοληψίας NET2 (Εικόνα 21), και ένας κωπηποδίτης στον σταθμό MG15 και το στρώμα δειγματοληψίας NET1. Η ταυτοποίηση του είδους βασίστηκε στη μορφολογία του πέμπτου ζεύγους ποδιών (P5). Το καλανοειδές κωπήποδο *P. marinus* αποτελεί αυτόχθονο είδος του νοτιοδυτικού Ειρηνικού Ωκεανού και έχει εξαπλωθεί σε παράκτιες περιοχές της Κίνας, της Ρωσίας, της Αυστραλίας, της Αμερικής και της βόρειας Ευρώπης καθώς και στη Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα (Kourkoutmani & Michaloudi, 2022). Πρόκειται για ένα έντονα εισβολικό είδος με υψηλή ανοχή στις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της αλατότητας και θεωρείται ότι εποικίζει νέες περιοχές (ρηχά, εύτροφα νερά) μεταφερόμενο από την ανθρώπινη δραστηριότητα (Kourkoutmani & Michaloudi, 2022).



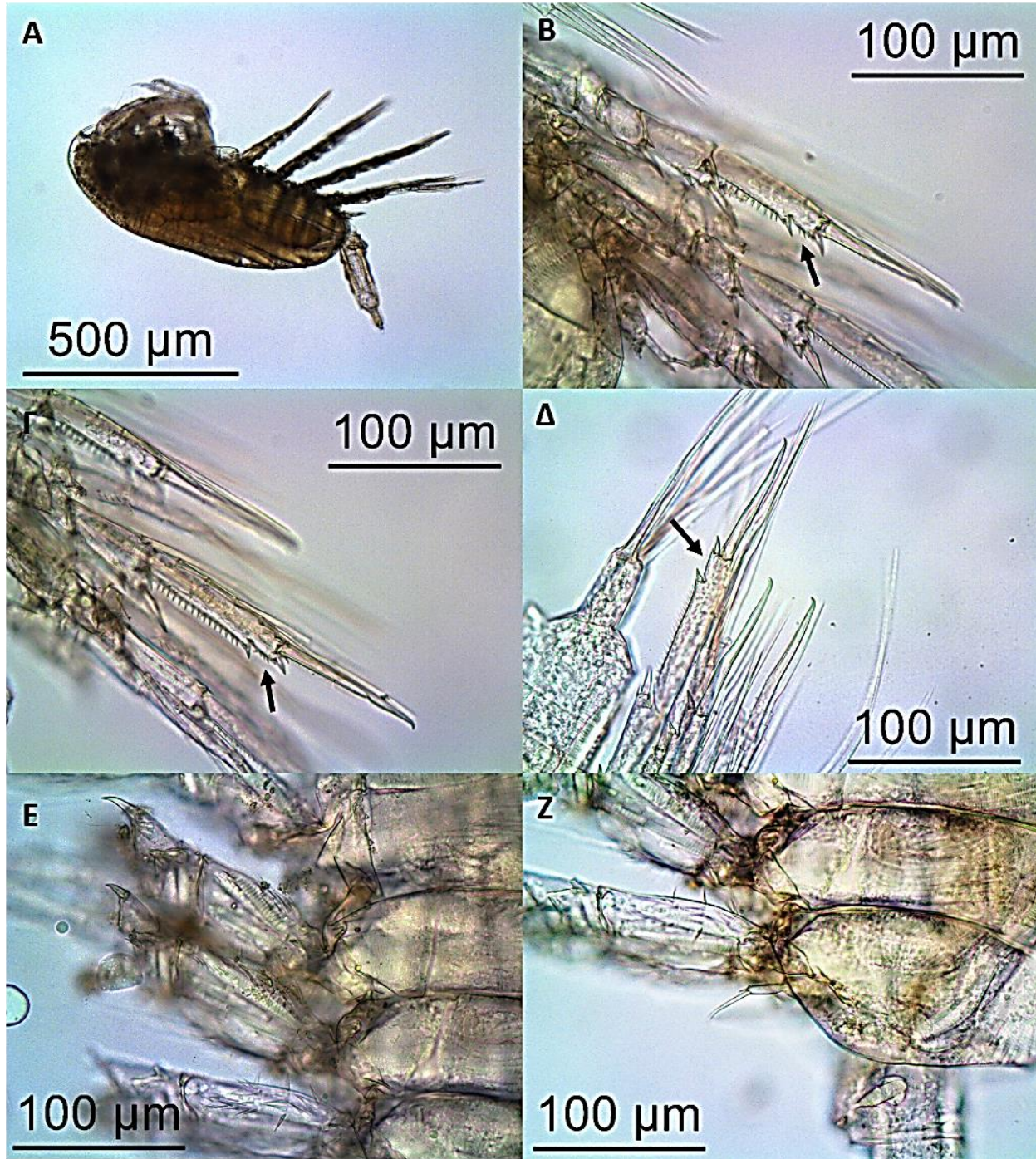
Εικόνα 20: Μικροφωτογραφίες θηλυκού ατόμου του είδους *Pseudodiaptomus marinus* στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) P5



Εικόνα 21: Μικροφωτογραφίες αρσενικού ατόμου του είδους *Pseudodiaptomus marinus* στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016, Α) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, Β) P5

Όσον αφορά το καλανοειδές κωπήποδο *Paracalanus indicus*, ανήκει στο σύμπλεγμα ειδών *Paracalanus parvus*, το οποίο αντιπροσωπεύεται από τέσσερα είδη στη Μεσόγειο (*P. parvus*, *P. indicus*, *P. nanus*, *P. quasimodo*) (Kasapidis *et al.*, 2018). Η αναγνώριση των παραπάνω ειδών, εκτός του *P. nanus* που είναι χαρακτηριστικά μικρότερο από τα υπόλοιπα, παρουσιάζει δυσκολίες, καθώς βασίζεται κυρίως στην παρουσία ή απουσία οδόντωσης στην εξωτερική πλευρά του τελευταίου μεταμερούς του εξωποδίτη των κολυμβητικών ποδιών P2, P3 και P4 (Kasapidis *et al.*, 2018). Ωστόσο, λόγω του μικρού μεγέθους των οργανισμών και τη συχνή απουσία των εξωποδιτών, που είναι εύθραυστοι και συνήθως σπάνε κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας, η ταυτοποίησή τους σε επίπεδο είδους είναι συχνά αδύνατη (Kasapidis *et al.*, 2018). Η δυσκολία της ταξινομικής αναγνώρισης μπορεί να εξηγήσει γιατί μέχρι πρόσφατα το είδος *P. parvus* θεωρούνταν ένα από τα βασικά ζωοπλαγκτικά είδη των παράκτιων νερών της Μεσογείου και της Μαύρης Θάλασσας, ενώ τα υπόλοιπα είδη του συμπλέγματος (*P. indicus*, *P. quasimodo*) είχαν ταυτοποιηθεί μόνο σε λίγες περιοχές (Kasapidis *et al.*, 2018). Τα αποτελέσματα των Kasapidis *et al.* (2018), οι οποίοι πραγματοποίησαν φυλογενετική ανάλυση του συμπλέγματος ειδών *P. parvus* σε περιοχές τις Μεσογείου και της Μαύρης θάλασσας, ανέδειξαν την παρουσία του *P. parvus* ως μοναδικό αντιπρόσωπο του συμπλέγματος στη Μαύρη θάλασσα. Η παρουσία του *P. parvus* ταυτοποιήθηκε και στη Βόρεια Μεσόγειο, όχι όμως

στο Αιγαίο Πέλαγος, περιοχή δειγματοληψίας του οποίου αποτέλεσε το Θρακικό Πέλαγος (Kasapidis *et al.*, 2018). Ωστόσο, από έρευνες που γίνονται στον εσωτερικό Θερμαϊκό Κόλπο, έχει καταγραφεί μορφολογικά το είδος *P. parvus* (Ε. Μιχαλούδη, προσωπική επικοινωνία). Στο Θρακικό Πέλαγος ταυτοποιήθηκε το είδος *P. quasimodo* και το είδος *P. indicus* με πολύ μικρότερη συμμετοχή (Kasapidis *et al.*, 2018). Παρόλα αυτά, η μορφολογική και η φυλογενετική αναγνώριση των ειδών έδειξαν συχνά διαφορετικά αποτελέσματα (Kasapidis *et al.*, 2018). Στην παρούσα εργασία αναγνωρίστηκαν μορφολογικά τα είδη *P. indicus* και *P. nanus*. Το μορφο-είδος *P. indicus* ταυτοποιήθηκε από την ύπαρξη οδόντωσης στην εξωτερική πλευρά του τελευταίου μεταμερούς του εξωποδίτη των κολυμβητικών ποδιών P2 και P3, και στην απουσία της στο P4, καθώς και στην ύπαρξη τριχών στους βασιποδίτες των κολυμβητικών ποδιών, χαρακτηριστικά που απουσιάζουν από το συγγενικό του *P. parvus* (Εικόνα 22). Η παρουσία-απουσία οδόντωσης στην εξωτερική πλευρά του τελευταίου μεταμερούς του εξωποδίτη P4 διαχωρίζει τα είδη *P. quasimodo* και *P. indicus*.



Εικόνα 22: Μικροφωτογραφίες του μορφο-είδους *Paracalanus indicus* (θηλυκό άτομο) στο Θερμαϊκό Κόλπο τον Ιούνιο του 2016. Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) εξωποδίτης P2, Γ) εξωποδίτης P3, Δ) εξωποδίτης P4, Ε) Βασιποδίτες P2, P3 και P4, Ζ) P5 και γενετικός πόρος

5.3 Αφθονία μεσοζωοπλαγκτού

5.3.1. Διαφοροποίηση σταθμών δειγματοληψίας

Η αφθονία του μεσοζωοπλαγκτού παρουσίασε έντονη μεταβλητότητα μεταξύ των στρωμάτων δειγματοληψίας και μικρότερη μεταβλητότητα μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας. Οι σταθμοί δειγματοληψίας έδειξαν περισσότερο από 70% ομοιότητα μεταξύ τους όσον αφορά την αφθονία ειδών κωπηπόδων και κλαδοκερωτών. Μεγαλύτερη διαφοροποίηση φάνηκε να έχει η ανατολική διατομή σε σχέση με τη δυτική και την ενδιάμεση και ιδιαίτερα ο σταθμός MG16. Στους σταθμούς της ανατολικής διατομής παρατηρήθηκαν μικρότερες θερμοκρασίες στην επιφάνεια της υδάτινης στήλης, γεγονός που πιθανώς οφείλεται στη θέση που έχουν στο πλέγμα δειγματοληψίας, καθώς βρίσκονται πιο κοντά στο σημείο που εισέρχονται τα ψυχρότερα νερά του βόρειου Αιγαίου στο Θερμαϊκό Κόλπο. Πιο αναλυτικά, η μέση επιφανειακή θερμοκρασία (1 m βάθος) της ενδιάμεσης και δυτικής διατομής έφτασε τους 28,10 °C, ενώ η αντίστοιχη θερμοκρασία της ανατολικής διατομής έφτασε τους 26,41 °C, με τον σταθμό MG16 να εμφανίζει ακόμα μικρότερη επιφανειακή θερμοκρασία (25,58 °C). Γενικότερα, η δομή και η σύνθεση των πλαγκτικών βιοκοινοτήτων επηρεάζεται έντονα από τις φυσικοχημικές συνθήκες, και το ζωοπλαγκτό, όντας ποικιλόθερμο, δείχνει μεγάλη ευαισθησία στις αλλαγές της θερμοκρασίας (αλλαγές στη τροφοληψία, αναπνοή, αναπαραγωγή, ανάπτυξη κ.α.) (Richardson, 2008). Η ανάλυση SIMPER έδειξε ότι η ανομοιότητα του σταθμού MG16 από τους υπόλοιπους σταθμούς καθώς και η ανομοιότητα της ανατολικής από την κεντρική και δυτική διατομή οφείλονται κατά κύριο λόγο στο κλαδοκερωτό *Evadne spinifera* και το καλανοειδές κωπήποδο *Clausocalanus pergens*. Το κλαδοκερωτό *E. spinifera* είχε μέση αφθονία 68,56 άτομα m⁻³ στην ανατολική διατομή και 118 άτομα m⁻³ στο σταθμό MG16, ενώ στις υπόλοιπες διατομές η μέση αφθονία του ήταν πολύ μικρότερη και έφτασε μόλις τα 16,33 άτομα m⁻³. Η κατανομή των κλαδοκερωτών γενικότερα θεωρείται ότι επηρεάζεται σε μεγαλύτερο βαθμό από τη θερμοκρασία σε σχέση με τις υπόλοιπες περιβαλλοντικές παραμέτρους (Kodoma *et al.*, 2021). Το είδος *E. spinifera* παρουσιάζει μεγαλύτερες αφθονίες στα ωκεάνια νερά υψηλής θερμοκρασίας και έχει χαρακτηριστεί ως θερμόφιλο και στενόαλο είδος (Sampaio de Souza *et*

al., 2011). Οι διαφορές στις φυσικοχημικές συνθήκες της ανατολικής διατομής με τους υπόλοιπους σταθμούς, καθώς και η αυξημένη ροή των νερών από το βόρειο Αιγαίο Πέλαγος πιθανώς επηρέασαν την αφθονία του κλαδοκερωτού *E. spinifera*, που παρουσίασε αυξητική τάση προς τα ανατολικά του Θερμαϊκού Κόλπου. Όσον αφορά το καλανοειδές *C. pergens*, η αφθονία του φάνηκε να σχετίζεται άμεσα με το βάθος δειγματοληψίας, αφού οι σταθμοί που παρουσίασαν μεγαλύτερες αφθονίες του είδους (MG14, MG15, MG17, MG18) ήταν αυτοί με τα μεγαλύτερα βάθη δειγματοληψίας (70m, 73 m, 75 m, 75m), σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς όπου τα δίχτυα διηθούν από βάθος 60 ή 65 μέτρων. Σύμφωνα με τους Peralba & Mazzocchi (2004), το *C. pergens* καταγράφεται σε βάθη μεγαλύτερα από 50 m το καλοκαίρι στον Κόλπο της Νάπολης, με το μέγιστο της αφθονίας σε βάθη 70-100 m. Τα παραπάνω αποτελέσματα εξηγούν τη διαφοροποίηση της αφθονίας του *C. pergens* στους σταθμούς της παρούσας έρευνας, το οποίο δείχνει ξεκάθαρη προτίμηση στα μεγάλα βάθη την καλοκαιρινή περίοδο.

5.3.2. Διαφοροποίηση στρωμάτων δειγματοληψίας

5.3.2.1. Κύριες ομάδες μεσοζωοπλαγκτού

Η αφθονία μεσοζωοπλαγκτού στα διαφορετικά στρώματα δειγματοληψίας παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφοροποιήσεις και ανέδειξε διακριτά πρότυπα κατακόρυφης κατανομής των ζωοπλαγκτικών οργανισμών στην υδάτινη στήλη. Το συνολικό μεσοζωοπλαγκτό παρουσίασε αυξητική τάση αφθονίας με τη μείωση του βάθους στη στήλη του νερού, φθάνοντας σε μέγιστο στα επιφανειακά στρώματα. Πιο άφθονες ομάδες μεσοζωοπλαγκτού αποτέλεσαν τα βυτιοειδή, τα κλαδοκερωτά, τα κωπήποδα και οι κωπηλάτες. Παρόλο που τα κωπήποδα αποτελούν την πιο άφθονη ομάδα ζωοπλαγκτού το μεγαλύτερο διάστημα του έτους στις περισσότερες περιοχές (Frangoroulou *et al.*, 2001, Siokou-Frangou *et al.*, 2009, Saiz *et al.*, 2014), υπό ευνοϊκές συνθήκες θερμοκρασίας και στρωμάτωσης της στήλης του νερού, τα κλαδοκερωτά μπορεί να κυριαρχήσουν στην αφθονία των παράκτιων περιοχών. Η δειγματοληψία στην οποία βασίστηκε η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στον εξωτερικό

Θερμαϊκό Κόλπο, την περίοδο του Ιουνίου όταν η υδάτινη στήλη παρουσίαζε έντονη στρωμάτωση και η θερμοκρασία των επιφανειακών στρωμάτων έφτανε περίπου τους 27-28 °C. Οι συνθήκες ήταν από τις πλέον κατάλληλες για την ανάπτυξη μεγάλων πληθυσμών κλαδοκερωτών, η αφθονία των οποίων ξεπέρασε κατά πολύ αυτή των κωπηπόδων στα επιφανειακά στρώματα. Πιο αναλυτικά, η μέση αφθονία των κλαδοκερωτών ήταν 1,59 φορές μεγαλύτερη από αυτή των κωπηπόδων στο ύψος της υδάτινης στήλης και 9,4 φορές μεγαλύτερη στο επιφανειακό στρώμα (NET5). Η μεταβλητότητα της κατακόρυφης κατανομής των κλαδοκερωτών έδειξε ξεκάθαρο πρότυπο αύξησης με τη μείωση του βάθους στη στήλη του νερού και παρουσίασε μέγιστο στην επιφάνεια της υδάτινης στήλης, όπως έχει δειχθεί σε πολλαπλές αναλύσεις παράκτιου μεσοζωοπλαγκτού την καλοκαιρινή περίοδο (π.χ. Siokou-Frangou, 1996, Ramfos *et al.*, 2006, Zervoudaki *et al.*, 2006, Isari *et al.*, 2007, Siokou-Frangou *et al.*, 2009, Mazzocchi *et al.*, 2011).

Η αφθονία των κωπηπόδων έδειξε αντίστροφο πρότυπο από αυτή των κλαδοκερωτών, παρουσιάζοντας μέγιστο στο στρώμα δειγματοληψίας NET2 και φθίνουσα τάση προς την επιφάνεια, φθάνοντας ελάχιστες τιμές στο επιφανειακό στρώμα (NET5). Η μεγιστοποίηση της αφθονίας των κωπηπόδων στο στρώμα NET2, οφειλόταν κυρίως στην αυξημένη αφθονία των κωπηποδιτών, η οποία ήταν γενικά 1,23 φορές μεγαλύτερη από αυτή των ενήλικων κωπηπόδων, και παρουσίασε υψηλές τιμές τόσο στο βαθύ στρώμα δειγματοληψίας NET1 (διπλάσια των ενήλικων κωπηπόδων), όσο και στο NET2 (~1,2 φορές μεγαλύτερη από τα ενήλικα κωπήποδα). Γενικότερα, η ύπαρξη μέγιστου χλωροφύλλης σε βάθος 70-80 m φαίνεται να επηρέασε την κατακόρυφη κατανομή των κωπηπόδων και ιδιαίτερα των νεαρών αναπτυξιακών σταδίων τους, τα οποία παρουσίασαν υψηλές πυκνότητες κοντά στα βάθη που εμφανίστηκε το μέγιστο. Η αφθονία των ναυπλίων και των κωπηποδιτών σχετίζεται άμεσα με το βαθύ μέγιστο χλωροφύλλης την καλοκαιρινή περίοδο, όπου υπάρχει περισσότερη διαθέσιμη τροφή κατάλληλου μεγέθους (Saiz *et al.*, 2014), ενώ η απουσία πλήρως ανεπτυγμένων κολυμβητικών μηχανισμών περιορίζει την κολυμβητική τους ικανότητα και δεν τους επιτρέπει να μετακινούνται εύκολα κατακόρυφα στη στήλη του νερού όπως τα ενήλικα κωπήποδα ή ακόμα και να περάσουν το φράγμα διαστρωμάτωσης της υδάτινης στήλης (θερμοκλινές-αλοκλινές, 30-40 m) (Bandara *et al.*, 2021). Λόγω της στρωμάτωσης της υδάτινης στήλης, τα επιφανειακά

στρώματα ήταν πιο ολιγότροφα ή περιείχαν μικρού μεγέθους τροφή που τα περισσότερα κωπήποδα δεν μπορούν να εκμεταλλευτούν. Η έλλειψη κατάλληλης τροφής καθώς και η ύπαρξη περισσότερων θηρευτών (ιχθυονύμφες) στα επιφανειακά στρώματα ενδέχεται να ήταν σημαντικός παράγοντας για τη συγκέντρωση των κωπηπόδων στα βαθύτερα στρώματα. Τα αναπτυξιακά στάδια των κωπηπόδων αποτελούν κύρια πηγή τροφής των ιχθυονυμφών (Atienza *et al.*, 2016). Η αφθονία των ιχθυονυμφών (κυρίως του Ευρωπαϊκού γαύρου, *Engraulis encrasicolus*) ήταν πολύ μεγαλύτερη στα επιφανειακά στρώματα και κυρίως στο NET5, όπου εμφάνισαν ελάχιστο τα κωπήποδα.

Όσον αφορά τα βυτιοειδή, η αφθονία τους παρουσίασε υψηλές τιμές σε όλα τα στρώματα δειγματοληψίας εκτός από το NET1, και η ποσοστιαία συμμετοχή τους στην αφθονία του μεσοζωοπλαγκτού κορυφώθηκε στο ενδιάμεσο στρώμα (στρώμα μέγιστης πλαγκτικής ακουστικής ανάκλασης, NET3) όπου αποτέλεσαν την κυρίαρχη ομάδα. Σύμφωνα με τους Saiz *et al.* (2014), η αφθονία των βυτιοειδών στη Μεσόγειο μεγιστοποιείται τους καλοκαιρινούς μήνες σε συνδυασμό με την αυξημένη κυριαρχία των κλαδοκερωτών και τη μείωση της αφθονίας των κωπηπόδων. Το πρότυπο αυτό επιβεβαιώνεται και από τα αποτελέσματα της Siokou-Frangou (1996) για το Σαρωνικό Κόλπο, τα οποία δείχνουν επίσης αυξημένες αφθονίες των βυτιοειδών κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Τα βυτιοειδή αποτέλεσαν άφθονη ομάδα του ζωοπλαγκτού και στο Θρακικό πέλαγος τους καλοκαιρινούς μήνες, παρουσιάζοντας πολύ μεγαλύτερες τιμές αφθονίας στα επιφανειακά νερά μέχρι 50 m βάθος όπως και στην παρούσα εργασία (Isari *et al.*, 2007). Η αυξημένη αφθονία των βυτιοειδών και των κλαδοκερωτών στα επιφανειακά στρώματα μπορεί να επηρέασε αρνητικά την κοινωνία των κωπηπόδων, μέσω ανταγωνισμού για τη διαθέσιμη τροφή, εφόσον το εύρος μεγέθους της τροφής των ομάδων αυτών επικαλυπτόταν, καθώς τα κλαδοκερωτά και τα βυτιοειδή έχουν υψηλότερους μεταβολικούς και αναπαραγωγικούς ρυθμούς από τα κωπήποδα του ίδιου μεγέθους (Isari *et al.*, 2007). Επίσης, τα βυτιοειδή τρέφονται μη επιλεκτικά με σωματίδια μεγάλου εύρους μεγεθών, από κυανοβακτήρια μέχρι και αυγά και ναύπλιους κωπηπόδων (Ishak *et al.*, 2020). Η κατανάλωση των αρχικών αναπτυξιακών σταδίων των κωπηπόδων μπορεί να μεγιστοποιηθεί στις ανθίσεις των βυτιοειδών, προκαλώντας μείωση της αφθονίας των κωπηπόδων με αποτέλεσμα να επηρεάζονται και οι τροφικές συνθήκες για τα πελαγικά ψάρια (Ishak *et al.*, 2020).

Τέλος, οι κωπηλάτες έδειξαν αυξημένη ποσοστιαία συμμετοχή στην αφθονία ζωοπλαγκτού μόνο στο βαθύ στρώμα δειγματοληψίας (NET1) και κυρίως στους σταθμούς όπου τα δίχτυα διήθησαν από μεγαλύτερο βάθος της υδάτινης στήλης (MG14, MG15, MG17, MG18). Η αυξημένη αφθονία των κωπηλατών στο στρώμα NET1 οφειλόταν κυρίως σε άτομα του γένους *Fritillaria*. Τα αποτελέσματα της Σιοκου-Frangou (1996) δείχνουν μια ξεκάθαρη προτίμηση του γένους *Fritillaria* και ιδιαίτερα του είδους *F. pellucida* (πιθανώς ο κύριος αντιπρόσωπος του γένους στην παρούσα εργασία) στα κρύα νερά, καθώς πρόκειται για ένα ψυχρόφιλο είδος με βέλτιστη θερμοκρασία τους 13-14 °C. Αυτό το θερμοκρασιακό εύρος παρατηρείται μόνο στα μεγάλα βάθη των σταθμών δειγματοληψίας της παρούσας έρευνας, όπου το γένος *Fritillaria* παρουσίασε τις μέγιστες τιμές αφθονίας του. Η μικρή αφθονία των κωπηλατών στα υπόλοιπα στρώματα μπορεί να οφείλεται και στον ανταγωνισμό για τροφή με τα κλαδοκερωτά (έχουν ταχύτερους ρυθμούς αναπαραγωγής) και τα βυτιοειδή (έχουν μεγαλύτερο εύρος τροφής) (Isari *et al.*, 2007).

5.3.2.2. Βιοκοινότητα κωπηπόδων και κλαδοκερωτών

Η καταμέτρηση της αφθονίας των κωπηπόδων και των κλαδοκερωτών έγινε σε επίπεδο είδους. Στην αφθονία των κωπηπόδων κυριάρχησαν οι κωπηποδίτες του γένους *Clausocalanus*, ειδικότερα στα βαθύτερα στρώματα (NET1, NET2, NET3). Άλλα είδη που βρέθηκαν σε μεγάλα βάθη ήταν τα καλανοειδή *Mesocalanus tenuicornis* (ενήλικα και κωπηποδίτες) και *C. pergens*. Το είδος *C. pergens* είναι πολύ κοινό σε παράκτιες περιοχές, ενώ αναπτύσσει πληθυσμούς και στην ανοιχτή θάλασσα σε μεγάλο εύρος γεωγραφικών πλατών, προτιμώντας πάντα τις εύτροφες συνθήκες (Mazzocchi *et al.*, 2011). Αναφέρεται ως ψυχρόφιλο είδος που βρίσκεται σε μεγάλα βάθη κάτω από το θερμοκλινές την περίοδο στρωμάτωσης της υδάτινης στήλης (βρίσκεται σε βάθη μεγαλύτερα από 50 m), όπως και στην παρούσα εργασία (Σιοκου-Frangou, 1996; Peralba & Mazzocchi, 2004). Η αφθονία του παρουσίασε μέγιστο στο βαθύ στρώμα (NET1) του σταθμού MG15, φτάνοντας τα 54,7 άτομα m⁻³. Το καλανοειδές *M. tenuicornis* πραγματοποιεί μικρή νυχθημερήσια κατακόρυφη μετανάστευση και παρουσιάζει μέγιστες τιμές αφθονίες σε βάθη

75-150 m κατά τη διάρκεια της ημέρας, την περίοδο διαστρωμάτωσης της υδάτινης στήλης στη νοτιοδυτική Μεσόγειο (Andersen *et al.*, 2001). Στην παρούσα εργασία τόσο τα ενήλικα, όσο και οι κωπηποδίτες του είδους, οι οποίοι ήταν 9,52 φορές πιο άφθονοι, έδειξαν προτίμηση στα βαθιά στρώματα, κάτω από το θερμοκλινές (NET1 & NET2). Ένα ακόμα είδος που βρέθηκε σε πολύ μικρή αφθονία, μόνο στα βαθιά στρώματα δειγματοληψίας, ήταν το *Calanus helgolandicus*. Το μεγαλόσωμο αυτό είδος (μέσο μήκος θηλυκών στην παρούσα έρευνα: 2621 μm) κάνει νυχθημερήσια κατακόρυφη μετανάστευση και σχετίζεται με τις υψηλές συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτού (Sioκου-Frangου *et al.*, 2009; Mazzocchi *et al.*, 2011), γεγονός που δικαιολογεί την εύρεση του μόνο στα βαθιά στρώματα (εμφάνιση μέγιστου χλωροφύλλης) κατά τη διάρκεια της ημέρας στην παρούσα έρευνα.

Ένα από τα πιο συχνά είδη κωπηπόδων της παρούσας έρευνας, που έδειξε προτίμηση στα βαθιά και ενδιάμεσα στρώματα (NET1, NET2, NET3) ήταν το *Clausocalanus jobei*, το οποίο αποτέλεσε το πιο άφθονο είδος του γένους *Clausocalanus*. Πιο αναλυτικά, η μέση αφθονία του ήταν 17,85 άτομα m^{-3} στο NET1, 56,11 άτομα m^{-3} στο NET2, και 34,45 άτομα m^{-3} στο NET3. Άλλοι αντιπρόσωποι του γένους που βρέθηκαν σε μικρότερες αφθονίες και κυρίως κάτω η εντός του θερμοκλινούς ήταν το *C. arcuicornis* και το *C. parapergens*. Το *C. arcuicornis* παρουσίασε μέγιστη μέση αφθονία στο στρώμα NET2 (8,41 άτομα m^{-3}), ενώ το *C. parapergens* ήταν λιγότερο άφθονο και παρουσίασε μέγιστη μέση αφθονία στο στρώμα NET3 (1,26 άτομα m^{-3}). Τέλος, το είδος *C. furcatus* παρουσίασε διαφορετικό πρότυπο κατανομής από τους υπόλοιπους αντιπρόσωπους του γένους, καθώς έδειξε προτίμηση στα επιφανειακά στρώματα (NET3, NET4, NET5). Σύμφωνα με τους Peralba & Mazzocchi (2004), οι οποίοι ανέλυσαν την κατακόρυφη κατανομή των ειδών του γένους *Clausocalanus* στα ολιγότροφα νερά της Μεσογείου, τα είδη *C. jobei*, *C. arcuicornis* και *C. parapergens* αποφεύγουν τα επιφανειακά στρώματα της υδάτινης στήλης όταν η θερμοκρασία προσεγγίζει ή ξεπερνά τους 20 °C. Στην παρούσα εργασία τα επιφανειακά στρώματα δειγματοληψίας (NET4 & NET5) ξεπέρασαν τους 20 °C σε όλους τους σταθμούς και παρουσίασαν πολύ μικρές ή μηδενικές αφθονίες των παραπάνω ειδών. Παρόλο που τα είδη αυτά φαίνεται να μεγιστοποιούν την εποχική αφθονία τους την άνοιξη, παρουσιάζουν μια μικρή κορυφή την περίοδο του Ιουνίου, το εύρος της οποίας διαφοροποιείται σε οριζόντια κλίμακα στις διάφορες περιοχές της Μεσογείου (Peralba & Mazzocchi, 2004). Όσον αφορά τη

βαθυμετρική τους κατανομή, τα αποτελέσματα των Peralba & Mazzocchi (2004) έδειξαν μέγιστες αφθονίες και των τριών ειδών σε βάθη 50-100 m κατά την περίοδο του Ιουνίου. Αντίστοιχα, το είδος *C. furcatus* φαίνεται να παρουσιάζει μέγιστο αφθονίας στο τέλος του καλοκαιριού, προτιμά τα παράκτια περιβάλλοντα και κυριαρχεί ανάμεσα στα είδη του γένους στα νερά πάνω από το θερμοκλινές την καλοκαιρινή περίοδο, ενώ όλοι οι υπόλοιποι αντιπρόσωποι του γένους αφθονούν κάτω από το θερμοκλινές και κοντά στο βαθύ μέγιστο χλωροφύλλης (Peralba & Mazzocchi, 2004). Η κυριαρχία του θερμόφιλου αυτού είδους στα επιφανειακά στρώματα πιθανώς σχετίζεται με την προτίμηση του για έντονα ολιγότροφα νερά και την ικανοποίηση των διατροφικών του αναγκών ακόμα και σε χαμηλά επίπεδα πρωτογενούς παραγωγής, καθώς παρουσίασε υψηλές αφθονίες τόσο στον Κόλπο της Νάπολης κατά τη διάρκεια περιόδων με χαμηλή φυτοπλαγκτική παραγωγή όσο και σε ακραίες ολιγότροφες συνθήκες της ανατολικής Μεσογείου (Peralba & Mazzocchi, 2004).

Άλλα είδη κωπηπόδων που έδειξαν προτίμηση στα επιφανειακά στρώματα δειγματοληψίας ήταν οι αντιπρόσωποι του γένους *Paracalanus* και τα καλανοειδή *Temora stylifera* (μέγιστη μέση αφθονία: 6,34 άτομα m⁻³ στο NET5) και *Centropages typicus* (μέγιστη μέση αφθονία: 5,64 άτομα m⁻³ στο NET4). Το εποχικό πρότυπο αφθονίας των παραπάνω ειδών στη Μεσόγειο περιγράφεται από τους Saiz *et al.* (2014) ως εξής: το *C. typicus* παρουσιάζει κορυφή την περίοδο της άνοιξης-αρχές καλοκαιριού και η αφθονία του μειώνεται στη συνέχεια, το *P. parvus* (ή τα είδη που ανήκουν στο σύμπλεγμα ειδών *P. parvus*) αφθονούν το καλοκαίρι και νωρίς το φθινόπωρο, ενώ το *T. stylifera* παρουσιάζει υψηλές αφθονίες στα τέλη καλοκαιριού και το φθινόπωρο. Τα αποτελέσματα των Zervoudaki *et al.* (2006) για την περίοδο Σεπτεμβρίου στο Θρακικό Πέλαγος, δείχνουν κυριαρχία των ειδών *C. furcatus*, *P. parvus* και *T. stylifera* στη βιοκοινότητα κωπηπόδων, στο επιφανειακό στρώμα της υδάτινης στήλης (0-20 m), κατανομή που συμφωνεί με αυτή της παρούσας εργασίας. Το είδος *T. stylifera* παρουσιάζει μεγαλύτερες αφθονίες τους φθινοπωρινούς μήνες στη Μεσόγειο (Mazzocchi *et al.*, 2011) και φαίνεται πιο άφθονο στην επιφάνεια της στρωματοποιημένης υδάτινης στήλης (0-50 m) στο Αιγαίο Πέλαγος (Sioκου-Frangου *et al.*, 2009). Στην παρούσα εργασία, το είδος *T. stylifera* εμφανίστηκε μόνο στα επιφανειακά στρώματα (~0-10 m) και σε πολύ μικρότερες αφθονίες (περίοδος εκτός εποχικού μέγιστου). Όσον αφορά το *C. typicus*, αυτό αποτελούσε βασικό στοιχείο της βιοκοινότητας

κωπηπόδων στα επιφανειακά στρώματα (0-20 m βάθος) του Θρακικού Πέλαγος τη περίοδο του Απριλίου, όπου η υδάτινη στήλη ήταν ήδη στρωματοποιημένη (Zervoudaki *et al.*, 2006). Η παρούσα εργασία έλαβε χώρα μετά την περίοδο που μεγιστοποιείται η εποχική αφθονία του *C. tyricus*, όπου βρέθηκαν μικρές αφθονίες του είδους σε βάθη 0-50 m. Το ίδιο φαίνεται να συμβαίνει και με το είδος *Acartia clausi*, το οποίο αποτελεί σημαντικό στοιχείο της βιοκοινότητας των κωπηπόδων στις παράκτιες περιοχές της Μεσογείου γενικότερα (Mazzocchi *et al.*, 2011) και του Αιγαίου Πελάγους (Zervoudaki *et al.*, 2006) την περίοδο της άνοιξης-αρχές καλοκαιριού, ενώ στην παρούσα εργασία παρουσίασε μικρή αφθονία που μεγιστοποιήθηκε στο στρώμα μέγιστης πλαγκτικής ακουστικής ανάκλασης, NET3 (μέση αφθονία: 6,34 άτομα m⁻³). Στο γένος *Paracalanus* αναγνωρίστηκαν τρία είδη: *P. denudatus*, *P. indicus* και *P. nanus*, με πιο άφθονο το *P. indicus* (καταμετρήθηκε ως είδος που ανήκει στο σύμπλεγμα ειδών *P. parvus*) που παρουσίασε μέγιστη αφθονία στο επιφανειακό στρώμα NET5 (μέση αφθονία: 31,76 άτομα m⁻³ σε βάθος 0-5 ή 10 m). Οι περισσότερες εργασίες για ζωοπλαγκτό στη Μεσόγειο αναφέρονται στα είδη που ανήκουν στο σύμπλεγμα ειδών *P. parvus*, ως *P. parvus*, το οποίο χαρακτηρίζουν είδος κλειδί την καλοκαιρινή περίοδο, όταν εμφανίζει μεγάλες τιμές αφθονίας στα επιφανειακά στρώματα (Zervoudaki *et al.*, 2006; Ramfos *et al.*, 2006; Siokou-Frangou 2009; Mazzocchi *et al.*, 2011; Saiz *et al.*, 2014).

Τέλος, τα κυκλοποειδή *Oithona plumifera* και *Oncaea media* (καταμετρήθηκαν μόνο τα θηλυκά άτομα σε επίπεδο είδους) έδειξαν αυξημένες τιμές αφθονίας σχεδόν σε όλα τα στρώματα δειγματοληψίας και όλους τους σταθμούς, με μέγιστες τιμές εντός και κάτω του θερμοκλινούς. Πιο αναλυτικά, το είδος *O. plumifera* παρουσίασε μέγιστη μέση αφθονία στο στρώμα NET3 (42,38 άτομα m⁻³) και το είδος *O. media* στο στρώμα NET2 (31,24 άτομα m⁻³). Το κυκλοποειδές *O. plumifera* εμφανίζει εποχικό μέγιστο τη φθινοπωρινή περίοδο στη Μεσόγειο θάλασσα, στα ανώτερα στρώματα της υδάτινης στήλης (0-50 m) (Ramfos *et al.*, 2006, Mazzocchi *et al.*, 2011), ενώ στην παρούσα εργασία, οι αφθονίες του ήταν σημαντικά υψηλότερες σε βάθη 10-50 m. Αντίστοιχα το είδος *O. media* δείχνει αυξημένες τιμές αφθονίας όλο το χρόνο στην ανατολική Μεσόγειο, παρουσιάζοντας δύο κορυφές, μία τον Απρίλιο και μία τον Σεπτέμβριο (Besiktere *et al.*, 2015). Όσον αφορά την βαθυμετρική κατανομή του, η αφθονία των ατόμων *Oncaea* spp. στο Ιόνιο Πέλαγος τον Σεπτέμβριο μεγιστοποιείται κάτω από το θερμοκλινές σε

βάθη 50-100 m (Ramfos *et al.*, 2006), ενώ στην παρούσα εργασία, η αφθονία του *O. media* παρουσίασε μέγιστες τιμές σε βάθη 20-70 m. Επίσης, καταγράφηκε και το είδος *O. mediterranea*, το οποίο παρουσίασε μικρότερες αφθονίες από το *O. media* και περιορίστηκε σχεδόν αποκλειστικά στα βαθιά στρώματα δειγματοληψίας (NET1, NET2), με μέγιστη μέση αφθονία στο στρώμα NET2 (5,66 άτομα m⁻³).

Όσον αφορά την αφθονία των κλαδοκερωτών, το είδος *Penilia avirostris* ήταν κυρίαρχο και ακολουθούσε το είδος *Evadne spinifera* με πολύ μικρότερη συμμετοχή. Το είδος *Pseudoevadne tergestina* παρουσίασε πολύ μικρότερες αφθονίες από τα παραπάνω, ενώ το είδος *Podon intermedius* καταμετρήθηκε μόνο σε δύο δείγματα στα στρώματα NET1 και NET2. Όλα τα είδη κλαδοκερωτών που βρέθηκαν στην παρούσα έρευνα, εκτός του *P. intermedius*, παρουσίασαν αύξηση της αφθονίας τους με τη μείωση του βάθους στη στήλη του νερού και μέγιστο, στο επιφανειακό στρώμα (NET5). Πιο αναλυτικά, οι μέσες αφθονίες των ειδών στο επιφανειακό στρώμα (0-5 ή 10 m) ήταν 1327,59 άτομα m⁻³ για το *P. avirostris*, 136,41 άτομα m⁻³ για το *E. spinifera* και 4,41 άτομα m⁻³ για το *P. tergestina*. Τα παραπάνω είδη έχουν καταγραφεί σε πολλές παράκτιες περιοχές της Μεσογείου τους καλοκαιρινούς μήνες, φθάνοντας σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα στρώματα εντός και πάνω του θερμοκλινούς, μακριά από το βαθύ μέγιστο χλωροφύλλης (Isari *et al.*, 2007, Mazzocchi *et al.*, 2011, Atienza *et al.*, 2016). Ειδικότερα, την περίοδο του Ιουλίου στο Θρακικό Πέλαγος, οι Isari *et al.* (2007) κατέγραψαν αξιοσημείωτη κυριαρχία του κλαδοκερωτού *P. avirostris* τόσο στη ζωοπλαγκτική κοινωνία, όσο και στην κοινωνία των κλαδοκερωτών, που ξεπέρασε κατά πολύ τα αμέσως επόμενα άφθονα είδη *E. spinifera* και *P. tergestina* και το σπάνιο *P. intermedius*. Στην παρούσα εργασία βρέθηκε το ίδιο πρότυπο αφθονίας των ειδών κλαδοκερωτών για το Θερμαϊκό Κόλπο. Αξιοσημείωτη κυριαρχία του *P. avirostris* καταγράφηκε και στον Κόλπο της Καβάλας την καλοκαιρινή περίοδο από τους Karagianni *et al.* (2019). Αξίζει να σημειωθεί ότι η αφθονία του *E. spinifera* ήταν ιδιαίτερα αυξημένη στους σταθμούς MG16 (μέση αφθονία: 118 άτομα m⁻³) και MG17 (μέση αφθονία: 69,28 άτομα m⁻³), οι οποίοι παρουσίασαν τις μικρότερες αφθονίες του *P. avirostris* (μέσες αφθονίες: 132,55 και 181,9 άτομα m⁻³ αντίστοιχα), υποδεικνύοντας ένα αντίστροφο πρότυπο μεταξύ των δύο ειδών που μπορεί να οφείλεται σε περιορισμό από τις περιβαλλοντικές συνθήκες, διαειδικό ανταγωνισμό κ.α. Γενικότερα, το κυρίαρχο *P. avirostris* διαδραματίζει

ιδιαίτερα σημαντικό οικολογικό ρόλο στις περιόδους άνθισης του, συσσωρεύοντας ενέργεια από τους μικρούς πλαγκτικούς οργανισμούς και διοχετεύοντάς την στα υψηλότερα τροφικά επίπεδα (π.χ. ιχθυονύμφες) (Atienza *et al.*, 2008). Αυτό συμβαίνει λόγω του τρόπου τροφοληψίας του, καθώς είναι διηθηματοφάγο και μπορεί να τραφεί με λεία μεγάλου εύρους μεγεθών (Atienza *et al.*, 2008). Η πλαστικότητα στο μέγεθος τροφής επιτρέπει στο κλαδοκερωτό *P. avirostris* να τρέφεται με τους μικρού μεγέθους οργανισμούς και κυρίως το νανοπλαγκτό (2-20 μm) στα ολιγότροφα νερά, πηγή τροφής που δεν μπορούν να εκμεταλλευτούν άλλοι ζωοπλαγκτικοί οργανισμοί όπως τα κωπήποδα (Atienza *et al.*, 2008).

Οι στατιστικές αναλύσεις για την ομαδοποίηση των δειγμάτων (CLUSTER-SIMPROF/NMDS) και των ειδών που συμβάλλουν στην ομοιότητα αυτών των ομάδων (SIMPER), έγιναν στα δεδομένα αφθονίας κωπηπόδων και κλαδοκερωτών. Τα δείγματα φαίνεται να διαχωρίζονται αρκετά καλά βάσει του στρώματος δειγματοληψίας και καθορίστηκαν τρεις ομάδες με ομοιότητα 55%. Η ομάδα Α αποτελούσαν κυρίως από δείγματα των στρωμάτων NET1, NET2 και NET3, η ομάδα Β από δείγματα των στρωμάτων NET3, NET4 και δύο δείγματα του NET5 και τέλος η ομάδα Γ από δείγματα του επιφανειακού στρώματος NET5 και ένα δείγμα του στρώματος NET4. Στην ομοιότητα της ομάδας Α συνέβαλαν περισσότερο οι κωπηποδίτες του γένους *Clausocalanus* και του γένους *Oithona*, οι οποίοι πιθανώς σχετίστηκαν με την ύπαρξη βαθιού μέγιστου χλωροφύλλης και τη δυσκολία μετακίνησης πέρα από το φράγμα του θερμοκλινούς. Το κλαδοκερωτό *P. avirostris* και οι κωπηποδίτες του γένους *Paracalanus* παρουσίασαν το μεγαλύτερο ποσοστό συμβολής στην ομοιότητα της ομάδας Β, η οποία προσέγγισε πιο πολύ τις επιφανειακές ζωοπλαγκτικές κοινωνίες, εντός και πάνω από το θερμοκλινές. Τέλος, η ομάδα Γ αντιπροσώπευσε την απόλυτα επιφανειακή ζωοπλαγκτική κοινωνία καθώς μεγαλύτερα ποσοστά συμβολής στην ομοιότητά της είχαν τα κλαδοκερωτά *P. avirostris* και *E. spinifera* και οι κωπηποδίτες του γένους *Paracalanus* και του είδους *T. stylifera*, οργανισμοί που κυριαρχούν στην επιφάνεια της υδάτινης στήλης κατά την περίοδο διαστρωμάτωσης.

5.4. Βιομάζα μεσοζωοπλαγκτού

Η βιομάζα του μεσοζωοπλαγκτού υπολογίστηκε με τη χρήση εξισώσεων μήκους-βάρους και τη μετατροπή των αποτελεσμάτων σε μg άνθρακα. Για τον υπολογισμό της βιομάζας σε άνθρακα, χρησιμοποιήθηκαν ειδικές εξισώσεις μετατροπής της υγρής σε ξηρή βιομάζα και της υγρής ή ξηρής βιομάζας σε άνθρακα, όπου αυτό χρειαζόταν. Οι κλασικές μέθοδοι υπολογισμού της βιομάζας (π.χ. ογκομετρικές και βαρυμετρικές μέθοδοι) παρουσιάζουν μεγάλη μεροληψία, ιδιαίτερα στα μακροχρόνια συντηρημένα δείγματα που οι οργανισμοί έχουν συρρικνωθεί και στα δείγματα που περιέχουν διάφορα σωματίδια πέρα των ζωοπλαγκτικών οργανισμών. Στην παρούσα εργασία, η ανάλυση των δειγμάτων έγινε μετά από έξι χρόνια συντήρησης σε διάλυμα φορμόλης 4%, γεγονός που οδήγησε στη χρήση των πιο αποτελεσματικών και λεπτομερειακών μορφομετρικών μεθόδων υπολογισμού της βιομάζας. Μετά από εκτενή έρευνα της βιβλιογραφίας και τη λήψη επαρκούς αριθμού μηκών των ζωοπλαγκτικών οργανισμών, υπολογίστηκε τόσο η βιομάζα των κύριων ομάδων όσο και των διαφορετικών τάξεων που ανήκουν σε αυτές.

Η μεταβολή της βιομάζας μεσοζωοπλαγκτού στα στρώματα δειγματοληψίας φαίνεται να διαφέρει από αυτή της αφθονίας, καθώς πέρα από το επιφανειακό στρώμα (NET5), παρουσίασε ένα δεύτερο μέγιστο στο στρώμα μέγιστης πλαγκτικής ακουστικής ανάκλασης (NET3). Με βάση τον πειραματικό σχεδιασμό της δειγματοληψίας, τα δείγματα από το στρώμα NET3 συλλέχθηκαν εκεί όπου το ηχοβολιστικό όργανο του πλοίου εντόπιζε τη μέγιστη πλαγκτική ακουστική ανάκλαση, που ενδέχεται να συμπίπτει με τη μέγιστη βιομάζα των οργανισμών. Ωστόσο, τα ακουστικά όργανα υποεκτιμούν τους οργανισμούς που βρίσκονται στα επιφανειακά στρώματα, μέχρι 15 m βάθος (Smeti *et al.*, 2015) και οι διαφορετικοί ζωοπλαγκτικοί οργανισμοί ανακλούν με διαφορετική ένταση στο ηχοβολιστικό όργανο. Οι πιο άφθονοι οργανισμοί των επιφανειακών στρωμάτων (κλαδοκερωτά, βυτιοειδή) συμμετείχαν σε πολύ μικρότερο βαθμό στη βιομάζα της μεσοζωοπλαγκτικής κοινωνίας σε σχέση με τα κωπήποδα. Αυτό συνέβη γιατί η μέση βιομάζα κάθε κωπήποδου στην παρούσα έρευνα ήταν 7,23 μg C και πιο συγκεκριμένα, η μέση βιομάζα ενός κωπήποδιτη του γένους *Clausocalanus* (πιο άφθονο τάξο κωπήπόδων) ήταν 2,7 μg C, ενώ η μέση βιομάζα του *P. avirostris* (πιο άφθονο κλαδοκερωτό) ήταν 1,27 μg C και η

μέση βιομάζα κάθε βυτιοειδούς έφτανε μόλις τα 0,27 $\mu\text{g C}$. Η χαμηλή βιομάζα των βυτιοειδών οφείλεται στο γεγονός ότι οι οργανισμοί αυτοί ανήκουν στο ζελατινώδες πλαγκτό, δηλαδή η περιεκτικότητα του σώματός τους σε νερό ξεπερνά το 95%. Γενικότερα, το ζελατινώδες πλαγκτό έχει αναλογία όγκου προς άνθρακα 20-100 φορές μεγαλύτερη από τους υπόλοιπους, μη ζελατινώδεις ζωπλαγκτικούς οργανισμούς (Kjørboe, 2013). Επίσης, τα βυτιοειδή τρέφονται μέσω διήθησης του νερού και η λειτουργία της διηθητικής τους συσκευής είναι ρυθμισμένη για την επιβίωση των οργανισμών σε εξαιρετικά ολιγότροφα περιβάλλοντα, αυξάνοντας το μέγεθος σώματος και την υποστηρικτική δομή της διηθητικής τους συσκευής και παράλληλα διατηρώντας την περιεκτικότητα του σώματος σε άνθρακα χαμηλή (Sommer & Stibor, 2002).

Η ποσοστιαία συμμετοχή των κωπηπόδων στη βιομάζα του μεσοζωπλαγκτού ήταν πολύ μεγαλύτερη από αυτή των υπόλοιπων ομάδων στα στρώματα NET1, NET2, NET3 και στο στρώμα NET4 ορισμένων σταθμών. Στο επιφανειακό στρώμα (NET5), κυριάρχησαν στη βιομάζα τα άφθονα κλαδοκερωτά και κυρίως το είδος *P. avirostris*. Επίσης, στην ποσοστιαία συμμετοχή των κωπηπόδων, είδη τα οποία παρουσίασαν αμελητέα ποσοστά στην αφθονία, εμφάνισαν πολύ μεγαλύτερη συμμετοχή στη βιομάζα. Χαρακτηριστικά είδη αυτής της περίπτωσης αποτέλεσαν τα καλανοειδή *Pareuchaeta hebes* και *Nannocalanus minor*, δύο από τα πιο μεγάλωσα κωπήποδα που βρέθηκαν στα δείγματα της παρούσας εργασίας. Γενικά, το βάρος σώματος των περισσότερων ζώων, όπως και των κωπηπόδων αυξάνει αλλομετρικά με το μήκος ($W = a L^b$), οπότε είναι αναμενόμενο μικρές αυξήσεις στο μήκος να αντιστοιχούν σε πολύ μεγαλύτερες αυξήσεις στο βάρος. Λόγω της αλλομετρικής αυτής αύξησης, τα θηλυκά άτομα του είδους *P. hebes* είχαν μέσο υγρό βάρος 669 μg , έναντι των 365,24 μg των θηλυκών ατόμων του είδους *N. minor*, και των 57,42 μg του πιο άφθονου είδους *C. jobei*.

Τα αποτελέσματα των πολυπαραγοντικών αναλύσεων που βασίστηκαν στα δεδομένα βιομάζας κωπηπόδων και κλαδοκερωτών (αναλύσεις CLUSTER-SIMPROF/NMDS, SIMPER) ήταν παρόμοια με τα αποτελέσματα που βασίστηκαν στα δεδομένα αφθονίας. Πιο συγκεκριμένα, τα δείγματα διαχωρίστηκαν σε τρεις ομάδες: Η ομάδα A συμπεριέλαβε τα δείγματα από τα στρώματα NET1 και NET2 και κάποια δείγματα από τα στρώματα NET3 και NET4. Οι κύριοι οργανισμοί που συνέλαβαν στην ομοιότητά της ομάδας A ήταν οι κωπηποδίτες του γένους

Clausocalanus και τα καλανοειδή *C. jobei* και *Ctenocalanus vanus*. Οι οργανισμοί αυτοί σχετίζονται με το βαθύ μέγιστο χλωροφύλλης στη στρωματοποιημένη στήλη της καλοκαιρινής περιόδου και όπως αναφέρουν οι Isari *et al.* (2006) το είδος *C. vanus* και οι κωπηποδίτες του γένους *Clausocalanus* είναι χαρακτηριστικοί αντιπρόσωποι της κοινωνίας των κωπηπόδων στο βαθύ στρώμα δειγματοληψίας (50-100 m βάθος) την περίοδο του Ιουλίου στο Θρακικό Πέλαγος, ενώ το είδος *C. jobei* παρουσιάζει μεγαλύτερη αφθονία στο στρώμα βάθους 0-50 m. Μεγαλύτερη συμβολή στην ομοιότητα της ομάδας Β έδειξαν το κλαδοκερωτό *P. avirostris* και οι κωπηποδίτες των γενών *Clausocalanus* και *Paracalanus*. Το είδος *P. avirostris* και το γένος *Paracalanus* είναι ενδεικτικά της ζωοπλαγκτικής κοινωνίας των επιφανειακών στρωμάτων, ενώ οι κωπηποδίτες του γένους *Clausocalanus* έδειξαν προτίμηση στα βαθιά και ενδιάμεσα στρώματα, χαρακτηρίζοντας την ομάδα Β ως μιας ενδιάμεσης κατάστασης μεταξύ βαθιάς και επιφανειακής κοινωνίας μεσοζωοπλαγκτού. Τέλος, στην ομοιότητα της ομάδας Γ συνέλαβαν το κλαδοκερωτό *P. avirostris*, με σχεδόν διπλάσιο ποσοστό από ότι στην ομάδα Β, το σύμπλεγμα ειδών *P. parvus*, το είδος *T. stylifera* (ενήλικα και κωπηποδίτες) και οι κωπηποδίτες του γένους *Paracalanus*, χαρακτηριστικοί αντιπρόσωποι της μεσοζωοπλαγκτικής κοινωνίας των επιφανειακών στρωμάτων.

6. Συμπεράσματα

- Η στήλη του νερού παρουσίασε έντονη στρωμάτωση με εμφάνιση θερμοκλινούς και αλοκλινούς σε βάθος 30-40 m και μέγιστου χλωροφύλλης σε βάθος 70-80 m.
- Αναγνωρίστηκαν συνολικά 75 τάξα μεσοζωοπλαγκτού, από τα οποία 53 ανήκαν στην ομάδα των κωπηπόδων (32 καλανοειδή, 17 κυκλωποειδή και 4 αρπακτικοειδή) και 4 στην ομάδα των κλαδοκερωτών. Τα περισσότερα από τα τάξα που αναγνωρίστηκαν στην παρούσα εργασία έχουν καταγραφεί και σε άλλες έρευνες στο Θερμαϊκό Κόλπο και στην ανατολική Μεσόγειο γενικότερα.

- Αναγνωρίστηκε το νεοεισερχόμενο στο Θερμαϊκό Κόλπο καλανοειδές κωπήποδο *Pseudodiaptomus marinus*, το οποίο είναι έντονα εισβολικό και καταγράφηκε πρώτη φορά στον Εσωτερικό Θερμαϊκό Κόλπο από τους Kourkoutmani & Michaloudi (2022) σε δείγματα του 2021, ενώ στην παρούσα εργασία βρέθηκε σε δείγματα του 2016.
- Αναγνωρίστηκε το καλανοειδές κωπήποδο *Paracalanus indicus*, το οποίο δεν έχει καταγραφεί ξανά στο Θερμαϊκό Κόλπο, πιθανώς λόγω σύγχυσης με το συγγενικό του *Paracalanus parvus*.
- Η συνολική αφθονία του μεσοζωοπλαγκτού παρουσίασε αυξητική τάση με τη μείωση του βάθους στη στήλη του νερού, φθάνοντας σε μέγιστο στα επιφανειακά στρώματα (NET5), ενώ η βιομάζα του κορυφώθηκε στα επιφανειακά και στα ενδιάμεσα στρώματα (NET5 & NET3).
- Πιο άφθονες ομάδες μεσοζωοπλαγκτού αποτέλεσαν τα βυτιοειδή, τα κλαδοκέρωτα, τα κωπήποδα και οι κωπηλάτες. Τα κωπήποδα ήταν πιο άφθονα στα βαθιά στρώματα δειγματοληψίας κοντά στο βαθύ μέγιστο χλωροφύλλης, ενώ τα κλαδοκερωτά στα επιφανειακά, θερμά στρώματα πάνω από το θερμοκλινές. Τα βυτιοειδή παρουσίασαν μεγάλες τιμές αφθονίας σχεδόν σε όλη τη στήλη του νερού, με μέγιστο στα ενδιάμεσα στρώματα, ενώ η αφθονία των κωπηλατών κορυφώθηκε στο βαθύ στρώμα δειγματοληψίας.
- Η βιοκοινότητα των κωπηπόδων και των κλαδοκερωτών έδειξε διακριτά πρότυπα κατακόρυφης κατανομής στη στήλη του νερού, με κυριαρχία των κωπηποδιτών *Clausocalanus* spp., *Mesocalanus tenuicornis* και του καλανοειδούς *Clausocalanus pergens* στα βαθιά στρώματα, αυξημένες αφθονίες των κωπηπόδων *Clausocalanus jobei*, *Oithona plumifera* και *Oncaea media* στα ενδιάμεσα στρώματα και κυριαρχία των κλαδοκερωτών *Penilia avirostris* και *Evadne spinifera* στα επιφανειακά στρώματα. Η

βιοκοινότητα των κωπηπόδων στα επιφανειακά στρώματα αντιπροσωπεύτηκε κυρίως από άτομα του γένους *Paracalanus* και του είδους *Temora stylifera*.

- Η παρούσα εργασία αποτελεί μία από τις λίγες έρευνες βαθυμετρικής κατανομής μεσοζωπλαγκτού μικρής κλίμακας στη Μεσόγειο. Η κατανόηση των προτύπων βαθυμετρικής κατανομής των ζωπλαγκτικών οργανισμών και των συνθηκών (αβιοτικών και βιοτικών) που τα επηρεάζουν είναι βασική για την αποτελεσματική έρευνα της ζωπλαγκτικής κοινωνίας.

7. Βιβλιογραφία

7.1 Ελληνική

Αλβανού, Λ. (2002). Εποχικές διακυμάνσεις της ποιοτικής και ποσοτικής σύνθεσης του μεσοζωοπλαγκτού στο Θερμαϊκό κόλπο (διδακτορική διατριβή). Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ), Θεσσαλονίκη (Ελλάδα), σελ.116.

Σωμαράκης, Σ. (1999). Ιχθυοπλαγκτό του Βόρειου-ανατολικού Αιγαίου με έμφαση στο γαύρο, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) (Ιούνιος 1993,1994,1995,1996). Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ηράκλειο (Ελλάδα), σελ.187.

7.2 Ξενόγλωσση

Andersen, V., Nival, P., Caparroy, P., & Gubanova, A. (2001). Zooplankton community during the transition from spring bloom to oligotrophy in the open NW Mediterranean and effects of wind events. 1. Abundance and specific composition. *Journal of Plankton Research*, 23, 227–242.

Anderson, M. J., Gorley, R. N., & Clarke, K. R. (eds) (2008). PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E: Plymouth, UK, pp214.

Androulidakis, Y., Kolovoyiannis, V., Makris, C., Krestenitis, Y., Baltikas, V., Stefanidou, N., Chatziantoniou, A., Topouzelis, K., & Moustaka-Gouni, M. (2021). Effects of ocean circulation on the eutrophication of a Mediterranean gulf with river inlets: The Northern Thermaikos Gulf. *Continental Shelf Research*, 221, 104416.

Ara, K. (2001). Length-weight relationships and chemical content of the planktonic copepods in the Cananeia Lagoon estuarine system, Sao Paulo, Brazil. *Plankton Biology and Ecology* 48(2), 121-127.

Atienza, D., Calbet, A., Saiz, E., & Lopes, R. M. (2007). Ecological success of the cladoceran *Penilia avirostris* in the marine environment: Feeding performance, gross growth efficiencies and life history. *Marine Biology*, 151(4), 1385–1396.

Atienza, D., Saiz, E., Skovgaard, A., Trepas, I., & Calbet, A. (2008). Life history and population dynamics of the marine cladoceran *Penilia avirostris* (Branchiopoda: Cladocera) in the Catalan Sea (NW Mediterranean). *Journal of Plankton Research*, 30(4), 345–357.

- Atienza, D., Sabatés, A., Isari, S., Saiz, E., & Calbet, A. (2016). Environmental boundaries of marine cladoceran distributions in the NW Mediterranean: Implications for their expansion under global warming. *Journal of Marine Systems*, 164, 30–41.
- Balopoulos, E. T., & Friligos, N. C. (1994). Water circulation and eutrophication in the northwestern aegean sea: Thermaikos gulf. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 41(3–4), 155–167.
- Bandara, K., Varpe, Ø., Wijewardene, L., Tverberg, V., & Eiane, K. (2021). Two hundred years of zooplankton vertical migration research. *Biological Reviews*, 96(4), 1547–1589.
- Beşiktepe, Ş., Tang, K. W., & Mantha, G. (2015). Seasonal variations of abundance and live/dead compositions of copepods in Mersin Bay, northeastern Levantine Sea (eastern Mediterranean). *Turkish Journal of Zoology*, 39(3), 494–506.
- Bollens, S. M., & Frost, B. W. (1989). Predator-induced diel vertical migration in a planktonic copepod. *Journal of Plankton Research*, 11, 1047–1065.
- Borme, D., Tirelli, V., Brandt, S. B., Fonda Umani, S., & Arneri, E. (2009). Diet of *Engraulis encrasicolus* in the northern Adriatic Sea (Mediterranean): Ontogenetic changes and feeding selectivity. *Marine Ecology Progress Series*, 392, 193–209.
- Brey, T., Müller-Wiegmann, C., Zittier, Z. M. C., & Hagen, W. (2010). Body composition in aquatic organisms — A global data bank of relationships between mass, elemental composition and energy content. *Journal of Sea Research*, 64, 334–340.
- Catalan, I. A., Alemany, F., Morillas, A. & Morales-Nin, B. (2007). Diet of larval albacore *Thunnus alalunga* (Bonnaterre, 1788) off Mallorca Island (NW Mediterranean). *Scientia Marina*, 71, 347–354.
- Cataletto, B. & Fonda Umani, S. (1994). Seasonal variations in carbon and nitrogen content of *Acartia clausi* (Copepoda, Calanoida) in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea). *Hydrobiologia*, 292–293, 283–288.
- Clarke, K. R., & Gorley, R. N. (eds) (2006). PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E: Plymouth, UK, pp190.
- Conway, D.V.P. (2012a). Marine Zooplankton of Southern Britain - Part 1: Radiolaria, Heliozoa, Foraminifera, Ciliophora, Cnidaria, Ctenophora, Platyhelminthes, Nemertea, Rotifera and Mollusca. Marine Biological Association of the United Kingdom, Plymouth (United Kingdom), pp138.

Conway, D.V.P. (2012b). Marine zooplankton of southern Britain - Part 2: Arachnida, Pycnogonida, Cladocera, Facetotecta, Cirripedia and Copepoda. Marine Biological Association of the United Kingdom, Plymouth (United Kingdom), pp136.

Conway, D.V.P. (2015). Marine zooplankton of southern Britain - Part 3: Ostracoda, Stomatopoda, Nebaliacea, Mysida, Amphipoda, Isopoda, Cumacea, Euphausiacea, Decapoda, Annelida, Tardigrada, Nematoda, Phoronida, Bryozoa, Entoprocta, Brachiopoda, Echinodermata, Chaetognatha, Hemichordata and Chordata. Marine Biological Association of the United Kingdom, Plymouth (United Kingdom), pp271.

Davis, C. S., & Wiebe, P. H. (1985). Macrozooplankton biomass in a warm-core Gulf Stream ring: time series changes in size structure, taxonomic composition, and vertical distribution. *Journal of Geophysical Research*, 90(C5), 8871–8884.

Denaro, G., Valenti, D., la Cognata, A., Spagnolo, B., Bonanno, A., Basilone, G., Mazzola, S., Zgozi, S. W., Aronica, S., & Brunet, C. (2013). Spatio-temporal behaviour of the deep chlorophyll maximum in Mediterranean Sea: Development of a stochastic model for picophytoplankton dynamics. *Ecological Complexity*, 13, 21–34.

Dimarchopoulou, D., Tsagarakis, K., Sylaios, G., & Tsikliras, A. C. (2022). Ecosystem trophic structure and fishing effort simulations of a major fishing ground in the northeastern Mediterranean Sea (Thermaikos Gulf). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 264, 107667.

Egloff, D. A., Fofonoff, P. W. & Onbe', T. (1997). Reproductive biology in marine cladocerans. *Advances in Marine Biology*, 31, 79–167.

Falkenhaus, T., Tande, K. S., & Semenova, T. (1997). Diel, seasonal and ontogenetic variations in the vertical distributions of four marine copepods. *Marine Ecology Progress Series*, 149(1/3), 105–119.

Farstey, V., Lazar, B., & Genin, A. (2002). Expansion and homogeneity of the vertical distribution of zooplankton in a very deep mixed layer. *Marine Ecology Progress Series*, 238, 91–100.

Fenaux, R. (1976). Cycle vital, croissance et production chez *Fritillaria pellucida* (Appendicularia), dans la baie de Villefranche-sur-Mer, France. *Marine Biology*, 34, 229-238.

Feuilloley, G., Fromentin, J. M., Saraux, C., Irisson, J. O., Jalabert, L., & Stemmann, L. (2022). Temporal fluctuations in zooplankton size, abundance, and taxonomic composition since 1995 in the North Western Mediterranean Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 79(3), 882–900.

Field, J. G., Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (1982). A Practical Strategy for Analysing Multispecies Distribution Patterns. *Marine Ecology Progress Series*, 8(1), 37-52.

Fragopoulou, N., Siokou-Frangou, I., Christou, E. D., & Mazzocchi, M. G. (2001). Patterns of vertical distribution of Pseudocalanidae and Paracalanidae (copepoda) in pelagic waters (0 to 300 m) of the Eastern Mediterranean Sea. *Crustaceana*, 74, 49–68.

Frangoulis, C., Christou, E. D. & Hecq, J. H. (2005). Comparison of marine copepod outfluxes: nature, rate, fate and role in the carbon and nitrogen cycles. *Advances in Marine Biology*, 47, 253–309.

Genitsaris, S., Stefanidou, N., Sommer, U., & Moustaka-Gouni, M. (2019). Phytoplankton blooms, red tides and mucilaginous aggregates in the urban Thessaloniki Bay, Eastern Mediterranean. *Diversity*, 11(8), 136.

Gorsky, G., Palazzoli, I., & Fenaux, R. (1987). Influence of temperature changes on oxygen uptake and ammonia and phosphate excretion, in relation to body size and weight, in *Oikopleura dioica* (Appendicularia). *Marine Biology*, 94, 191-201.

Harris, R. P., Wiebe, P. H., Lenz, J., Skjodal, H. R., & Huntley, M. (2000). ICES Zooplankton Methodology Manual. Waltham: Academic Press, pp684.

Hays, G. C. (2003). A review of the adaptive significance and ecosystem consequences of zooplankton diel vertical migrations. *Hydrobiologia*, 503, 163-170.

Isari, S., Psarra, S., Pitta, P., Mara, P., Tomprou, M. O., Ramfos, A., Somarakis, S., Tselepides, A., Koutsikopoulos, C., & Fragopoulou, N. (2007). Differential patterns of mesozooplankters' distribution in relation to physical and biological variables of the northeastern Aegean Sea (eastern Mediterranean). *Marine Biology*, 151(3), 1035–1050.

Isari, S., Ramfos, A., Somarakis, S., Koutsikopoulos, C., Kallianiotis, A., & Fragopoulou, N. (2006). Mesozooplankton distribution in relation to hydrology of the Northeastern Aegean Sea, Eastern Mediterranean. *Journal of Plankton Research*, 28(3), 241–255.

Ishak, N. H. A., Tadokoro, K., Okazaki, Y., Takehi, S., Suyama, S., & Takahashi, K. (2020). Distribution, biomass, and species composition of salps and doliolids in the Oyashio–Kuroshio transitional region: potential impact of massive bloom on the pelagic food web. *Journal of Oceanography*, 76(5), 351–363.

Karageorgis, A. P., Skourtos, M. S., Kapsimalis, V., Kontogianni, A. D., Skoulikidis, N. T., Pagou, K., Nikolaidis, N. P., Drakopoulou, P., Zanou, B., Karamanos, H., Levkov, Z., & Anagnostou, C. (2005). An integrated approach to watershed management within the DPSIR framework: Axios River catchment and Thermaikos Gulf. *Regional Environmental Change*, 5(2-3), 138–160.

Karagianni, A., Artemiou, A., Tsikliras, A. C., & Michaloudi, E. (2019). Summer mesozooplankton assemblages in relation to environmental parameters in Kavala Gulf, northern Aegean Sea. *Scientia Marina*, 83(1), 41–52.

Kasapidis, P., Siokou, I., Khelifi-Touhami, M., Mazzocchi, M. G., Matthaiaki, M., Christou, E., Fernandez De Puelles, M. L., Gubanova, A., di Capua, I., Batziakas, S., & Frangoulis, C. (2018). Revising the taxonomic status and distribution of the *Paracalanus parvus* species complex (Copepoda, Calanoida) in the Mediterranean and Black Seas through an integrated analysis of morphology and molecular taxonomy. *Journal of Plankton Research*, 40(5), 595–605.

Kim, S., Onbé, T., & Yoon, Y. (1989). Feeding habits of marine cladocerans in the Inland Sea of Japan. *Marine Biology*, 100(3), 313–318.

Kjørboe, T. (2011). What makes pelagic copepods so successful? *Journal of Plankton Research*, 33(5), 677–685.

Kjørboe, T. (2013). Zooplankton body composition. *Limnology and Oceanography*, 58(5), 1843–1850.

Kodama, T., Ohshimo, S., Tanaka, H., Ashida, H., Kameda, T., Tanabe, T., Okazaki, M., Ono, T., & Tanaka, Y. (2021). Abundance and habitats of marine cladocerans in the Sea of Japan over two decades. *Progress in Oceanography*, 194, 102561.

Kontoyiannis, H., Kourafalou, V. H., & Papadopoulos, V. (2003). Seasonal characteristics of the hydrology and circulation in the northwest Aegean Sea (eastern Mediterranean): Observations and modeling. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 108(9), 3302.

Kourkoutmani, P., & Michaloudi, E. (2022). First record of the calanoid copepod *Pseudodiaptomus marinus* Sato, 1913 in the North Aegean Sea, in Thessaloniki Bay, Greece. *BiolInvasions Records*, 11(3), 738–746.

Krestenitis, Y. N., Kombiadou, K. D., & Androulidakis, Y. S. (2012). Interannual variability of the physical characteristics of North Thermaikos Gulf (NW Aegean Sea). *Journal of Marine Systems*, 96–97, 132–151.

Lampert, W. (1978). The adaptive significance of diel vertical migration of zooplankton. *Functional Ecology*, 3, 21–27

Lavaniegos, B. E., & Ohman, M. D. (2007). Coherence of long-term variations of zooplankton in two sectors of the California Current System. *Progress in Oceanography*, 75(1), 42–69.

Lindley, J. A., John, A. W. G., & Robins, D. B. (1997). Dry weight, carbon and nitrogen content of some calanoid copepods from the seas around southern Britain in winter. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 77, 249–252

Lombard, F., Boss, E., Waite, A. M., Vogt, M., Uitz, J., Stemmann, L., Sosik, H. M., Schulz, J., Romagnan, J.B., Picheral, M., Pearlman, J., Ohman, M. D., Niehoff, B., Möller, K. O., Miloslavich, P., Lara-Lpez, A., Kudela, R., Lopes, R. M., Kiko, R., Karp-Boss, L., Jaffe, J. S., Iversen, M. H., Irisson, J. O., Fennel, K., Hauss, H., Guidi, L., Gorsky, G., Giering, S. L. C., Gaube, P., Gallager, S., Dubelaar, G., Cowen, R. K., Carlotti, F., Briseño-Avena, C., Berline, L., Benoit-Bird, K., Bax, N., Batten, S., Ayata, S. D., Artigas, L. F., & Appeltans, W. (2019). Globally consistent quantitative observations of planktonic ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, 6, 00196.

Lopes, R. M., Dam, H. G., Aquino, N. A., Monteiro-Ribas, W., & Rull, L. (2007). Massive egg production by a salp symbiont, the poecilostomatoid copepod *Sapphirina angusta* Dana, 1849. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 348(1–2), 145–153.

Lucas, C. H., Jones, D. O. B., Hollyhead, C. J., Condon, R. H., Duarte, C. M., Graham, W. M., Robinson, K. L., Pitt, K. A., Schildhauer, M., & Regetz, J. (2014). Gelatinous zooplankton biomass in the global oceans: Geographic variation and environmental drivers. *Global Ecology and Biogeography*, 23(7), 701–714.

Mazzocchi, M. G., Ribera D', M., Mazzocchi, A., & D'alcal, R. (1995). Recurrent patterns in zooplankton structure and succession in a variable coastal environment. *ICES Journal of Marine Science*, 52, 679-691.

Mazzocchi, M. G., Licandro, P., Dubroca, L., di Capua, I., & Saggiomo, V. (2011). Zooplankton associations in a Mediterranean long-term time-series. *Journal of Plankton Research*, 33(8), 1163–1181.

Mihalatou, H. M., & Moustaka-Gouni, M. (2002). Pico-, nano-, microplankton abundance and primary productivity in a eutrophic coastal area of the Aegean Sea, Mediterranean. *International Review of Hydrobiology*, 87(4), 439–456.

Mitra, A., Castellani, C., Gentleman, W. C., Jónasdóttir, S. H., Flynn, K. J., Bode, A., Halsband, C., Kuhn, P., Licandro, P., Agersted, M. D., Calbet, A., Lindeque, P. K., Koppelman, R., Møller, E. F., Gislason, A., Nielsen, T. G., & John, M. (2014). Bridging the gap between marine biogeochemical and fisheries sciences; configuring the zooplankton link. *Progress in Oceanography*, 129(PB), 176–199.

Palomares-García, R. J., Gómez-Gutiérrez, J., & Robinson, C. J. (2013). Winter and summer vertical distribution of epipelagic copepods in the Gulf of California. *Journal of Plankton Research*, 35(5), 1009–1026.

Peralba, À., & Mazzocchi, M. G. (2004). Vertical and seasonal distribution of eight Clausocalanus species (Copepoda: Calanoida) in oligotrophic waters. *ICES Journal of Marine Science*, 61(4), 645–653.

Petala, M., Tsiridis, V., Androulidakis, I., Makris, C., Baltikas, V., Stefanidou, A., Genitsaris, S., Antoniadou, C., Rammou, D., Moustaka-Gouni, M., Chintiroglou, C. C., & Darakas, E. (2018). Monitoring the marine environment of Thermaikos gulf. *PRE-XIV Conference*, Thessaloniki, Greece, 3-6 July 2018, 762–774

Petit, F., Uitz, J., Schmechtig, C., Dimier, C., Ras, J., Poteau, A., Golbol, M., Vellucci, V., & Claustre, H. (2022). Influence of the phytoplankton community composition on the in situ fluorescence signal: Implication for an improved estimation of the chlorophyll-a concentration from BioGeoChemical-Argo profiling floats. *Frontiers in Marine Science*, 9, 959131.

Razouls, C., Desreumaux, N., Kouwenberg, & J., de Bovée F. (2005-2022). Biodiversity of Marine Planktonic Copepods (morphology, geographical distribution and biological data). Sorbonne University, CNRS. Available at <http://copepodes.obs-banyuls.fr/en>.

Ramfos, A., Isari, S., Somarakis, S., Georgopoulos, D., Koutsikopoulos, C., & Fragopoulou, N. (2006). Mesozooplankton community structure in offshore and coastal waters of the Ionian Sea (eastern Mediterranean) during mixed and stratified conditions. *Marine Biology*, 150(1), 29–44.

Richardson, A. J. (2008). In hot water: zooplankton and climate change. *ICES Journal of Marine Science*, 65, 279–295.

Rose, M. & Lechevalier, P. (1933) Faune de France: Copépodes pélagiques. Paris: Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles, 26, pp374.

Sampaio de Souza, C., Mafalda, P., Sallés, S., Ramirez, T., Cortés, D. Garcia, A.; Mercado, J.; Vargas-Yañez, M. (2011). Seasonal changes in the distribution and abundance of marine cladocerans of the Northwest Alboran Sea (Western Mediterranean), Spain. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54 (3), 543-550.

Saiz, E., Sabatés, A., & Gili, J. M. (2014). The zooplankton. In S. Goffredo, & Z. Dubinsky (Eds.). *The Mediterranean Sea: Its history and present challenges*, 183–211.

Satapoomin, S. (1999). Carbon content of some common tropical Andaman Sea copepods. *Journal of Plankton Research*, 21, 2117–2123

Sieburth, J. M. N., Smetacek, V., & Lenz, J. (1978). Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnology and Oceanography*, 23(6), 1256–1263.

Silberberger, M. J., Renaud, P. E., Eiane, K., & Reiss, H. (2021). Seasonal dynamics of mesozooplankton biomass over a sub-Arctic continental shelf. *Ecology and Evolution*, 11(13), 8713–8729.

Silva, L. H. S., Huszar, V. L. M., Marinho, M. M., Rangel, L. M., Brasil, J., Domingues, C. D., Branco, C. C., & Roland, F. (2014). Drivers of phytoplankton, bacterioplankton, and zooplankton carbon biomass in tropical hydroelectric reservoirs. *Limnologica*, 48, 1–10.

Siokou-Frangou, I. (1996). Zooplankton annual cycle in a Mediterranean coastal area. *Journal of Plankton Research*, 18(2), 203-223.

Siokou-Frangou, I., Zervoudaki, S., Christou, E. D., Zervakis, V., & Georgopoulos, D. (2009). Variability of mesozooplankton spatial distribution in the North Aegean Sea, as influenced by the Black Sea waters outflow. *Journal of Marine Systems*, 78(4), 557–575.

Smeti, H., Pagano, M., Menkes, C., Lebourges-Dhaussey, A., Hunt, B. P. V., Allain, V., Rodier, M., de Boissieu, F., Kestenare, E., & Sammari, C. (2015). Spatial and temporal variability of zooplankton off New Caledonia (Southwestern Pacific) from acoustics and net measurements. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120(4), 2676–2700.

- Shmeleva, A. A. (1965). Weight characteristics of the zooplankton of the Adriatic Sea. *Bulletin de l'Institut océanographique de Monaco*, 65(1351), 1–24.
- Sommer, U., Stibor, H. (2002). Copepoda – Cladocera –Tunicata: the role of three major mesozooplankton groups in pelagic food webs. *Ecological Research*, 17, 161–174.
- Sommer, U., Charalampous, E., Scotti, M., & Moustaka-Gouni, M. (2018). Big fish eat small fish: Implications for food chain length? *Community Ecology*, 19(2), 107–115.
- Sprung, M. (1984). Physiological energetics of mussel larvae (*Mytilus edulis*). I. Shell growth and biomass, *Marine Ecology-Progress Series*, 17, 283–293.
- Steinberg, D. K., & Landry, M. R. (2017). Zooplankton and the Ocean Carbon Cycle. *Annual Review of Marine Science*, 9(1), 413–444.
- Trégouboff, G., & Rose, M. (1957). Manuel de planctologie méditerranéenne. Centre national de la recherche scientifique, Paris (France), pp517.
- Trenkel, V. M., Ressler, P. H., Jech, M., Giannoulaki, M., & Taylor, C. (2011). Underwater acoustics for ecosystem-based management: State of the science and proposals for ecosystem indicators. In *Marine Ecology Progress Series*, 442, 285–301.
- Tucker, J. W., Jr. (1983). Energy utilization in bay anchovy and black sea bass eggs and larvae: Contrasting ecological roles. Doctoral dissertation. College of William and Mary, Williamsburg, Virginia, pp85.
- Turner, J. T., & Dagg, M. J. (1983). Vertical Distributions of Continental Shelf Zooplankton in Stratified and Isothermal Waters. *Biological Oceanography*, 3(1), 1–40.
- Turner, J. T., Tester, P. A., & Ferguson, R. L. (1988). The marine cladoceran *Penilia avirostris* and the “microbial loop” of pelagic food webs. *Limnology and Oceanography*, 33(2), 245–255.
- Uye, S. I. (1982). Length-Weight Relationships of Important Zooplankton from the Inland Sea of Japan. *Journal of the Oceanographical Society of Japan*, 38, 149-158.
- Uye, S., Iwai, Y., & Kasahara, S. (1983). Growth and Production of the Inshore Marine Copepod *Pseudodiaptomus marinus* in the Central Part of the Inland Sea of Japan. *Marine Biology*, 73.

Uye, S. (1991). Temperature-dependent development and growth of the Planktonic copepod *Paracalanus* sp. in the laboratory. Proceedings of the Fourth International Conference on Copepoda. *Bulletin of Plankton Society of Japan*, Special Volume: 627-636.

Walter, T.C.; & Boxshall, G. (2023). World of Copepods Database. Accessed at <https://www.marinespecies.org/copepoda> on 2023-02-23.

Webber, M. K., & Roff, J. C. (1995)b. Annual biomass and production of the oceanic copepod community off Discovery Bay, Jamaica. *Marine Biology*, 123, 481-495.

Wiebe, P. H., Copley, N. J., & Boyd, S. H. (1992). Coarse-scale horizontal patchiness and vertical migration of zooplankton in Gulf Stream warm-core ring 82-H. *Deep-Sea Research, Part A*, 39(1 A Suppl.), 247-278.

Williams, R., & Robins, D. B. (1982). Effects of Preservation on Wet Weight, Dry Weight, Nitrogen and Carbon Contents of *Calanus helgolandicus* (Crustacea: Copepoda). *Marine Biology*, 71, 271-281.

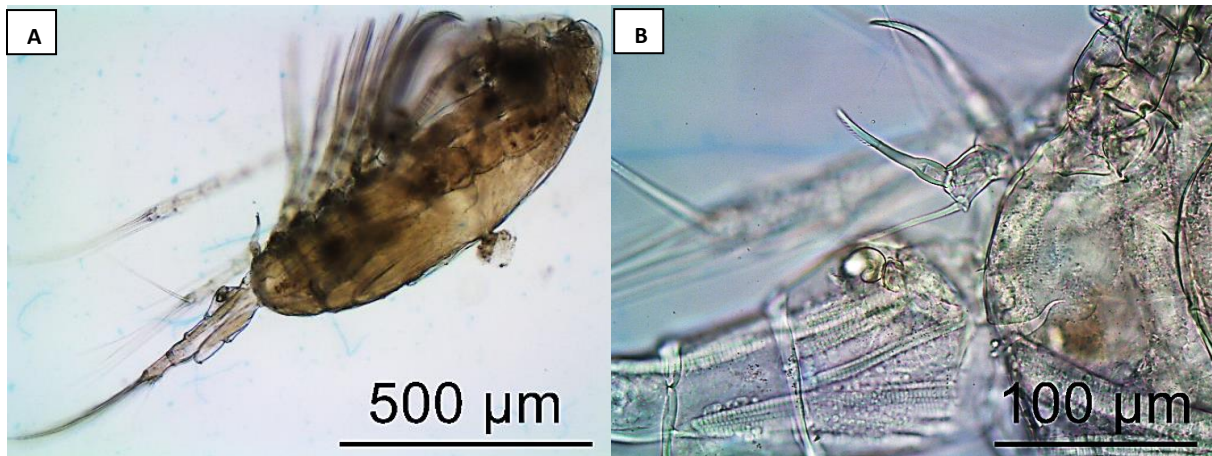
Zervoudaki, S., Nielsen, T. G., Christou, E. D., & Siokou-Frangou, I. (2006). Zooplankton distribution and diversity in a frontal area of the Aegean Sea. *Marine Biology Research*, 2(3), 149–168.

8. Παράρτημα

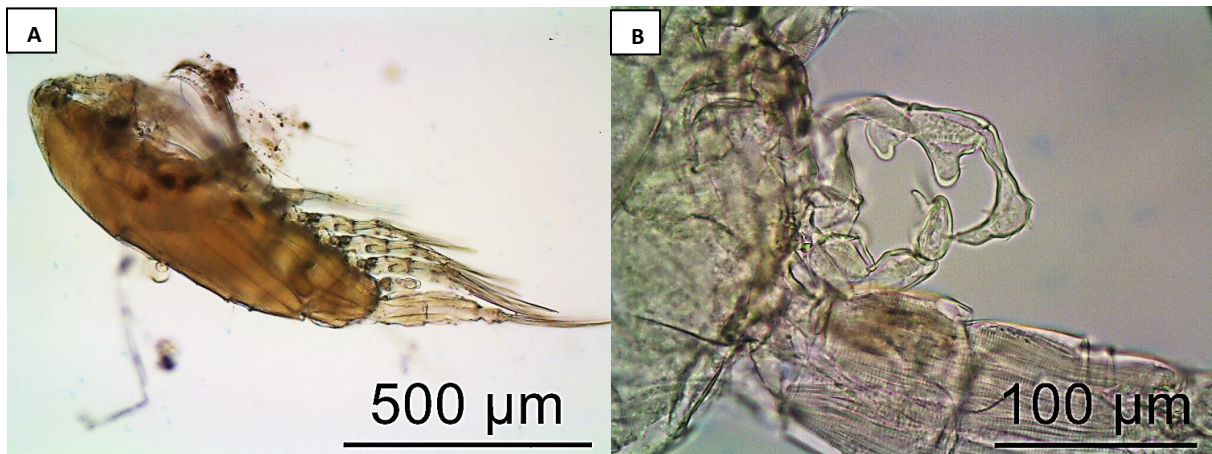
Κωπήποδα

Καλανοειδή

Acartia (Acartiura) clausi

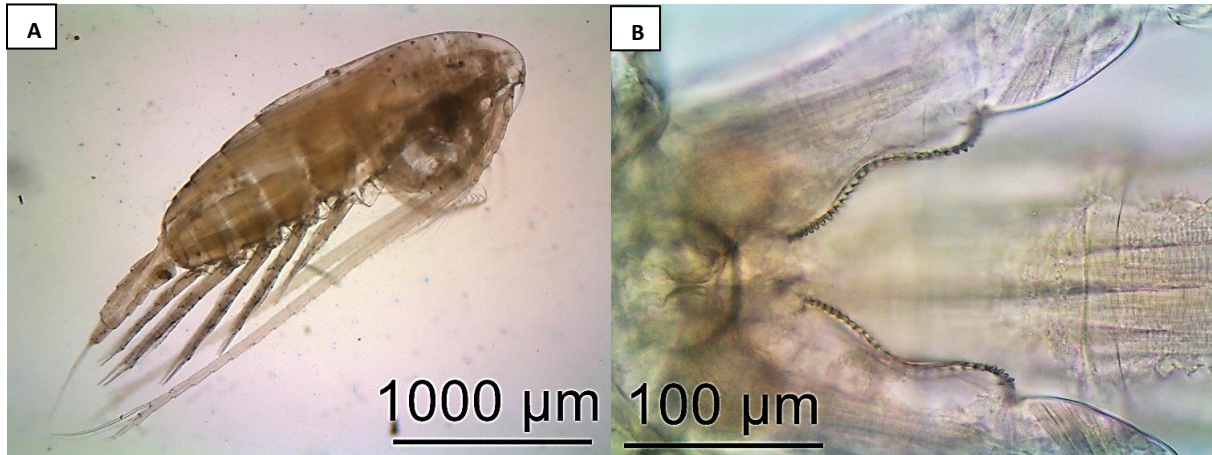


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) Γενετικός πόρος & P5



Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) P5

Calanus helgolandicus

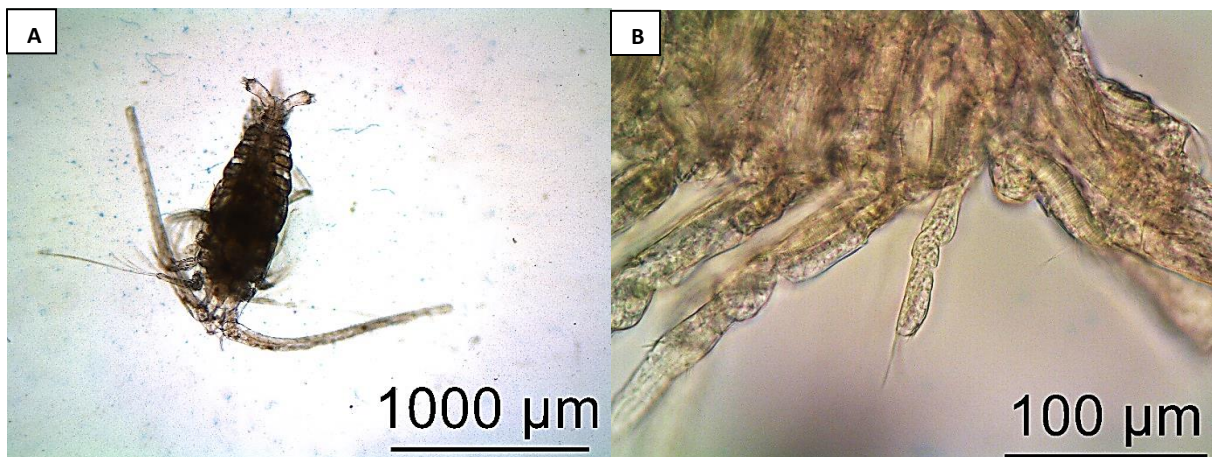


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) P5



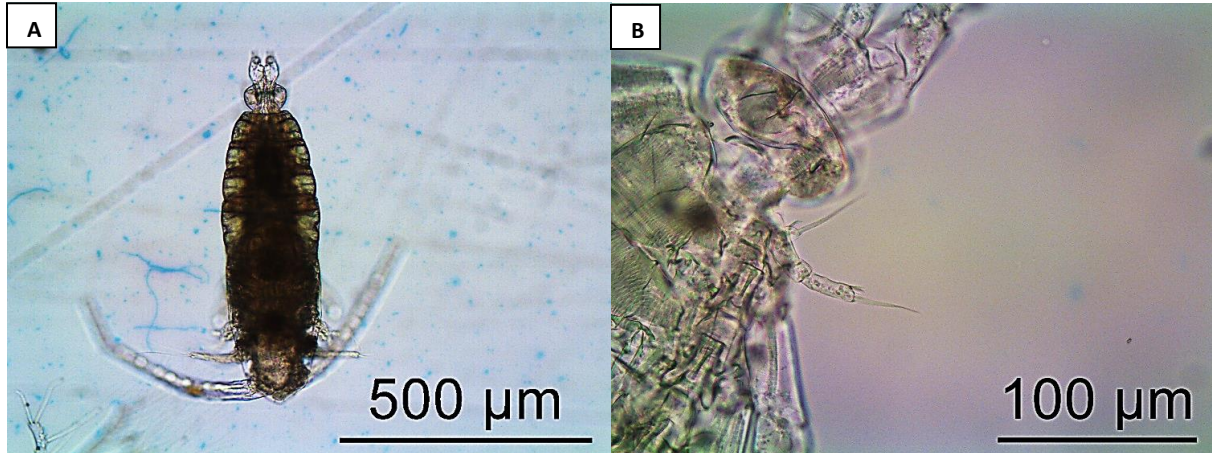
Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) P5

Calocalanus rano



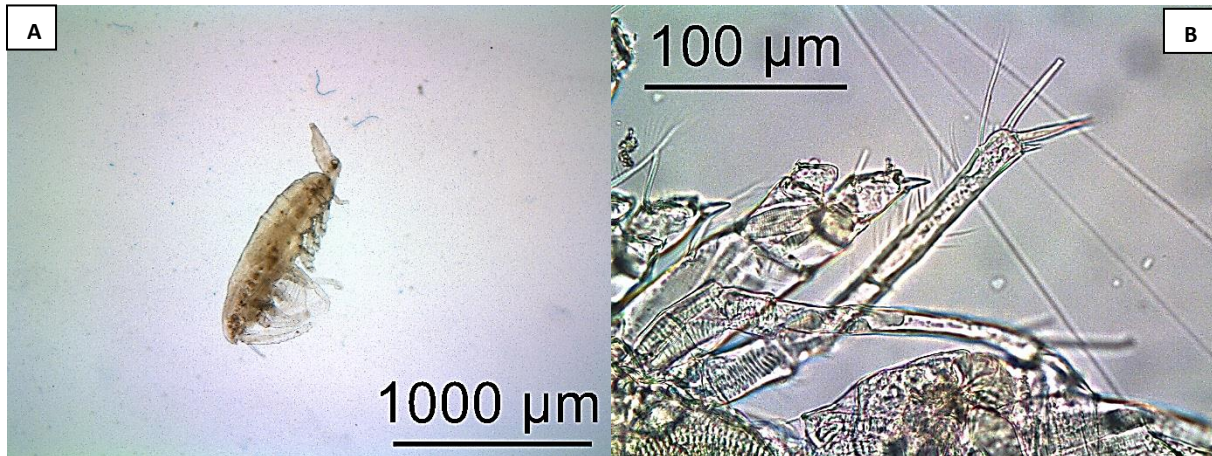
Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) P5

Calocalanus raponinus



Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) P5

Calocalanus plumulosus

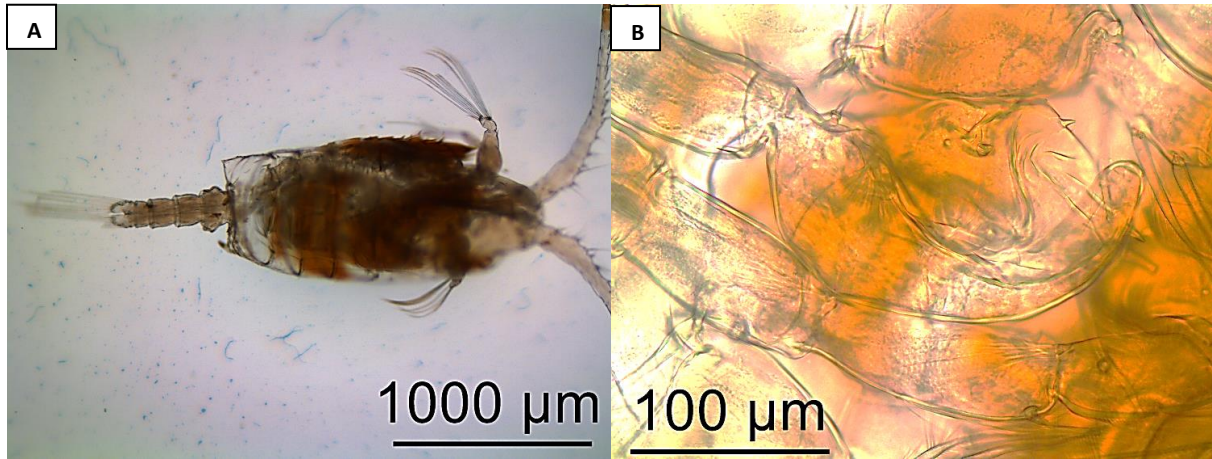


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) P5

Candacia ethiopica

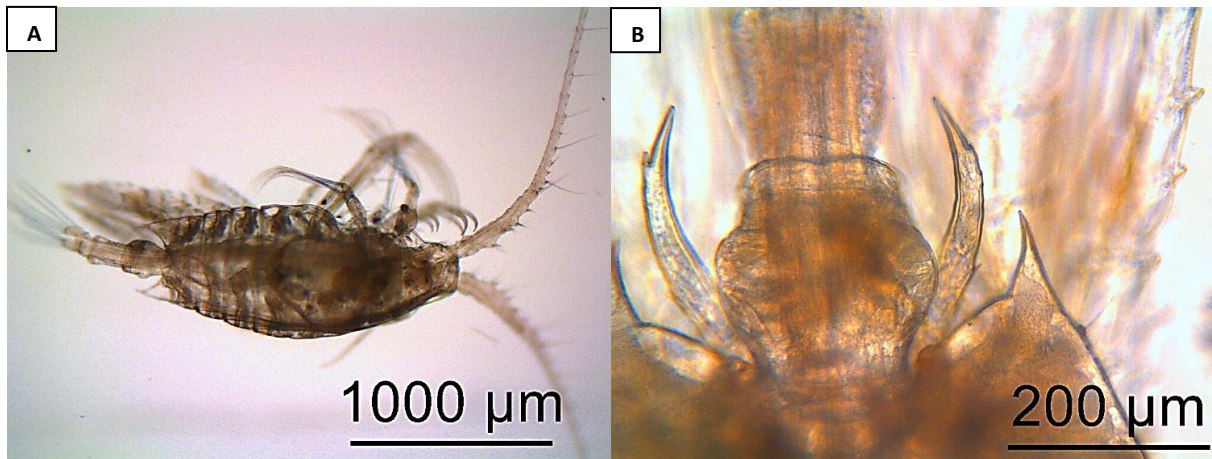


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) P5

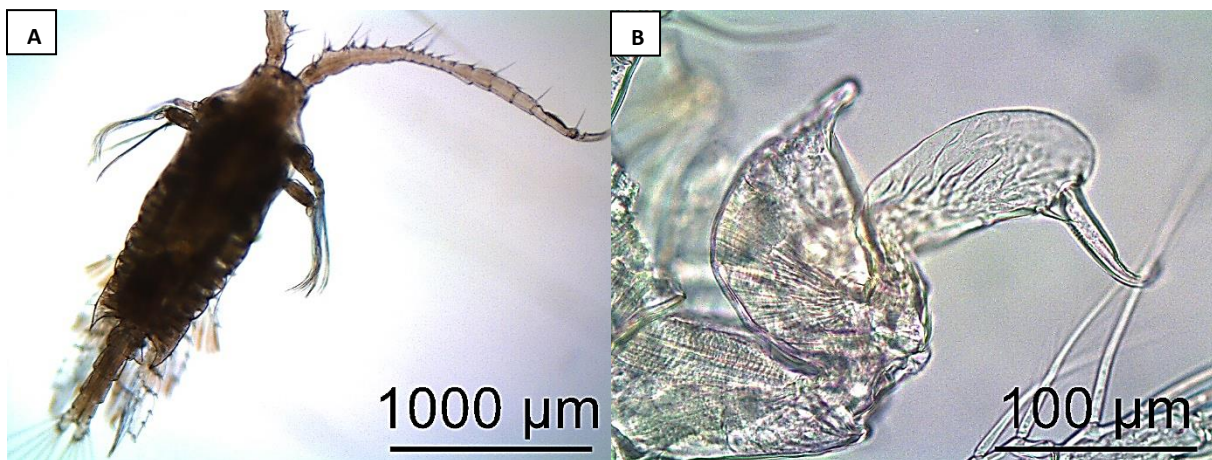


Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) P5

Candacia giesbrechti

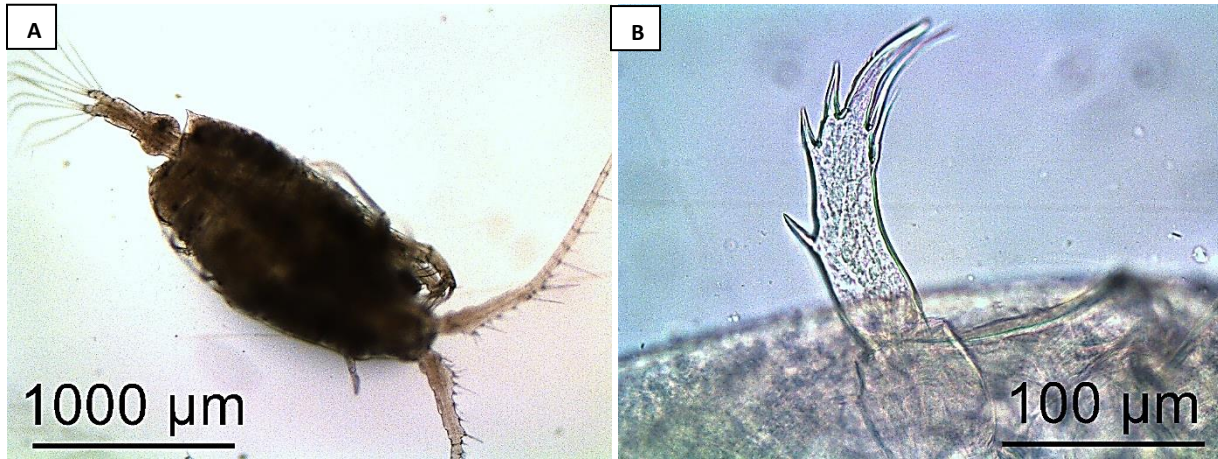


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) P5

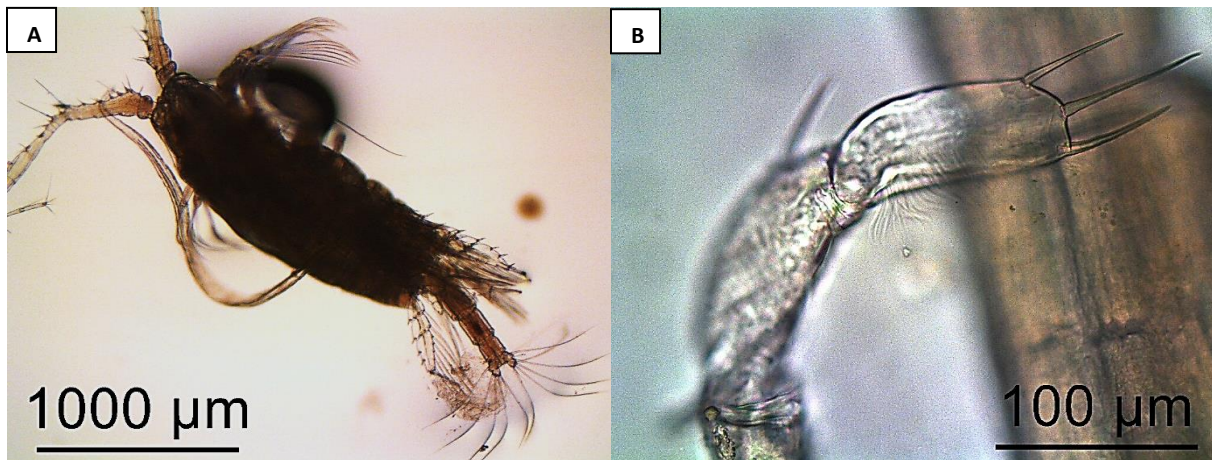


Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) P5

Candacia simplex

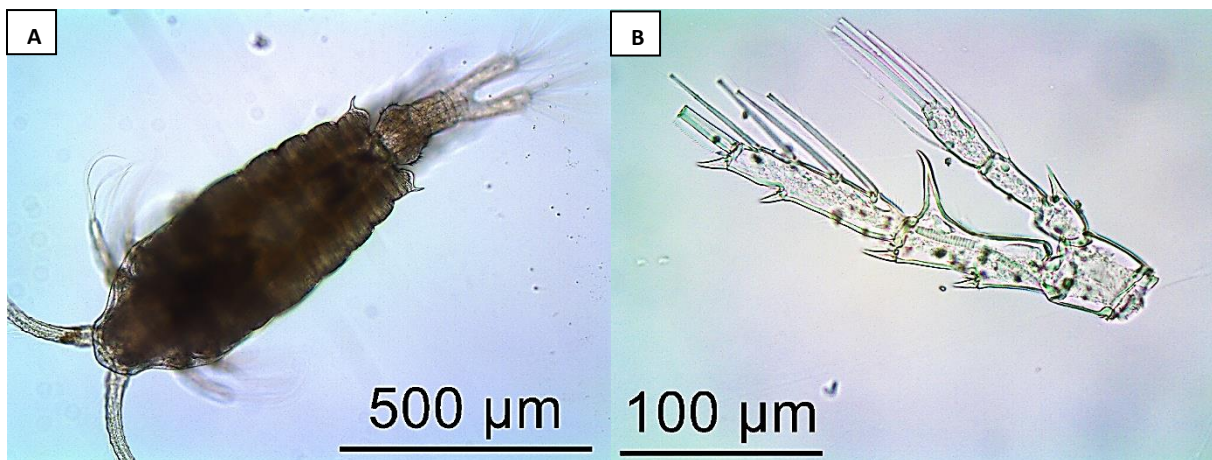


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) P5

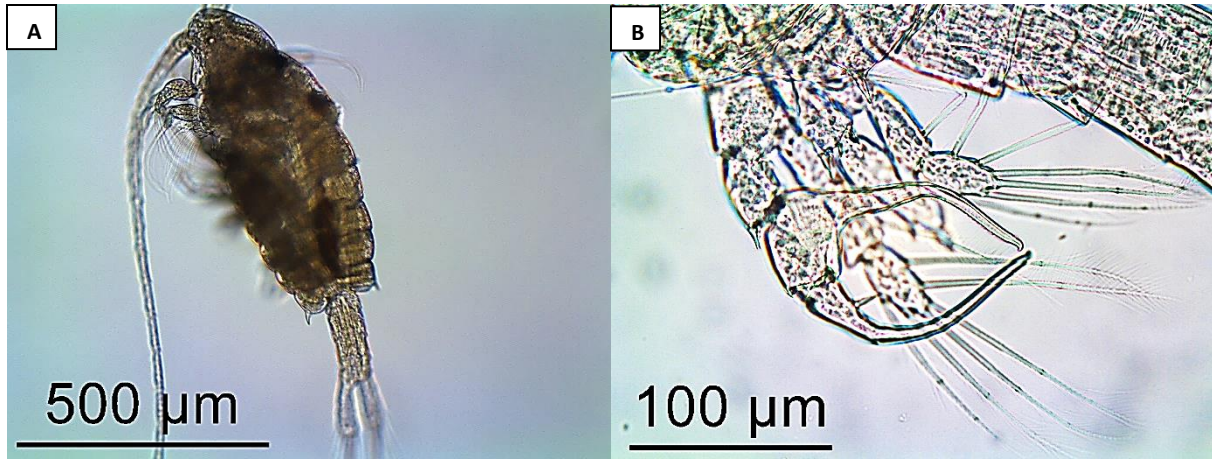


Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) P5

Centropages ponticus

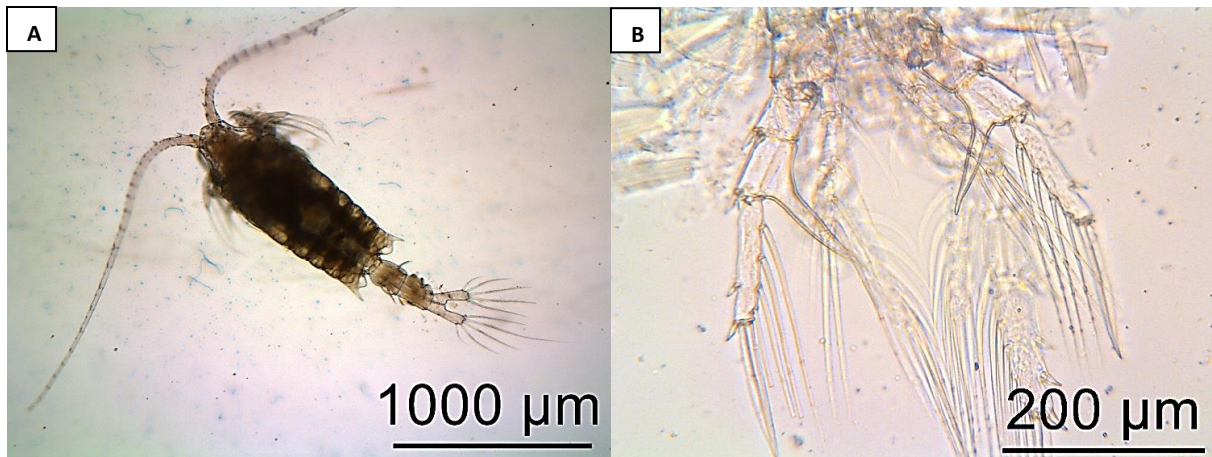


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) P5

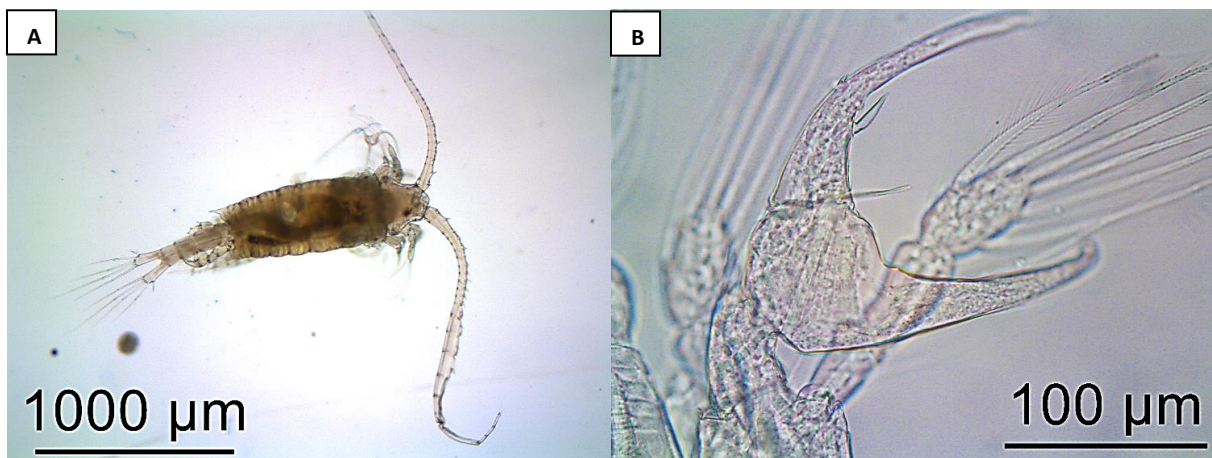


Αρσενικό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, Β) P5

Centropages typicus

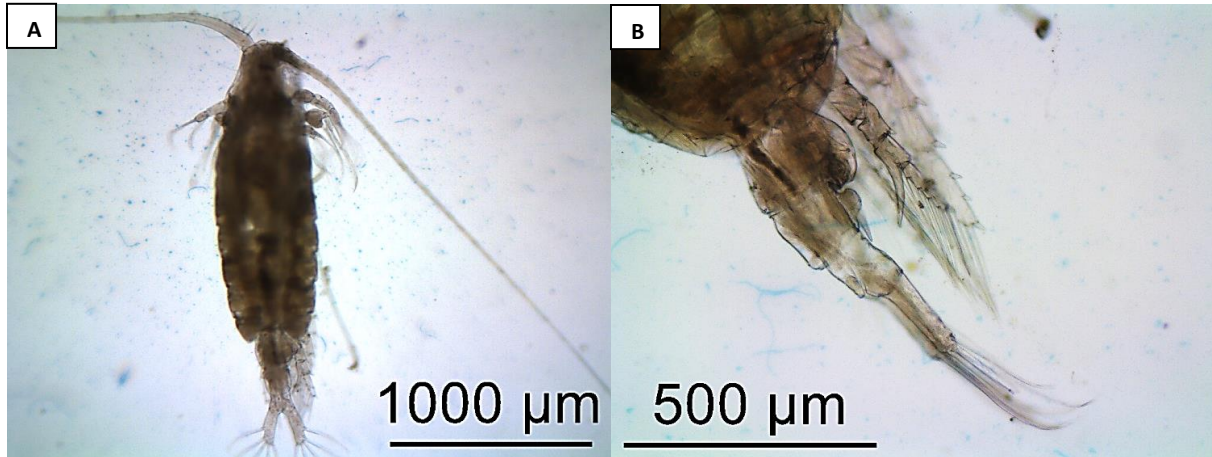


Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, Β) P5

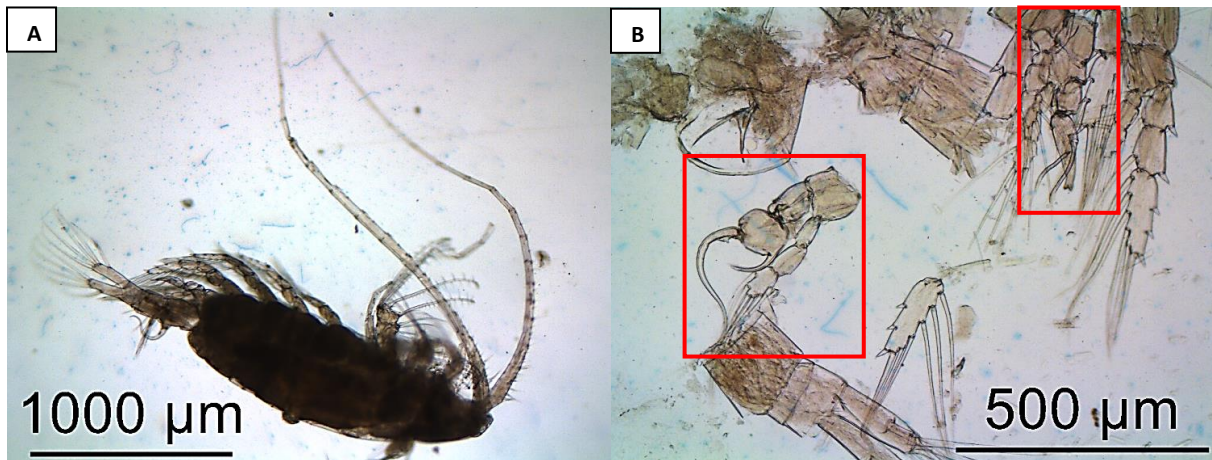


Αρσενικό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, Β) P5

Centropages violaceus

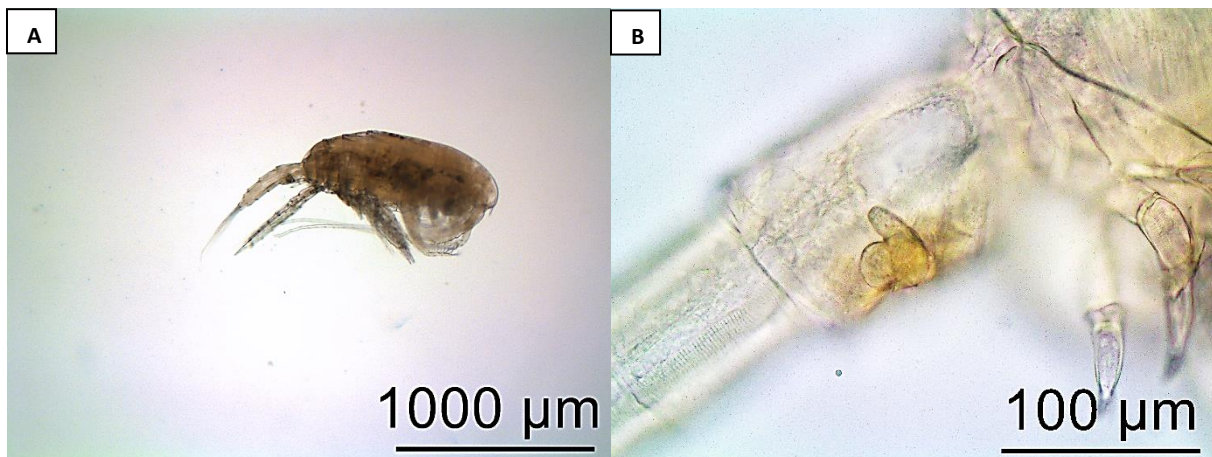


Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, Β) Γενετικός πόρος & P5

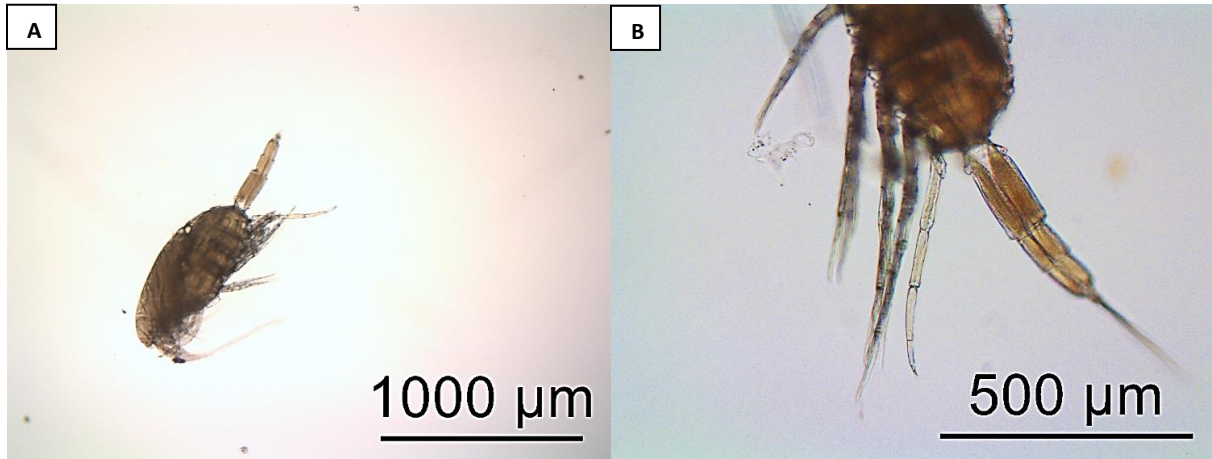


Αρσενικό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) P5

Clausocalanus arcuicornis

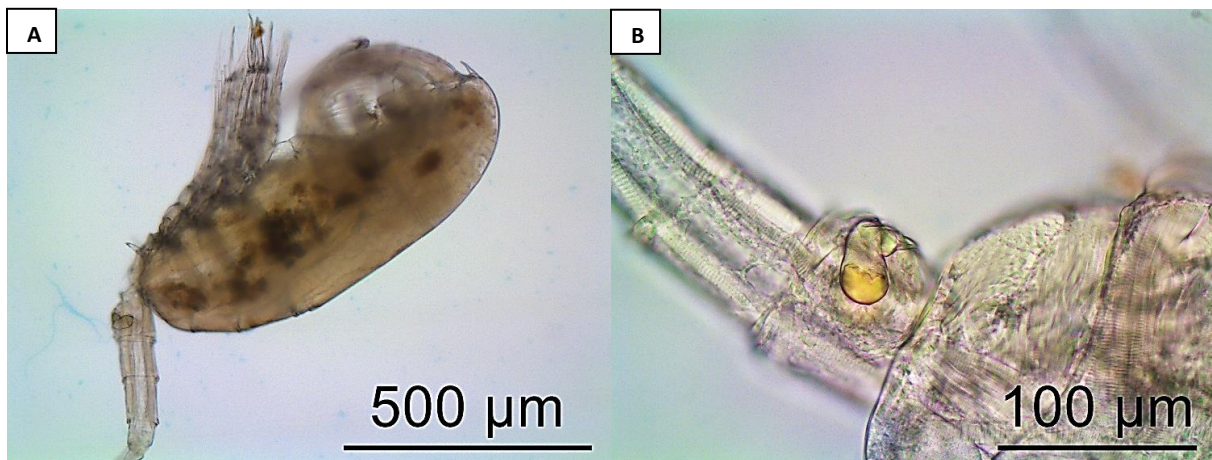


Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) Γενετικός πόρος & P5

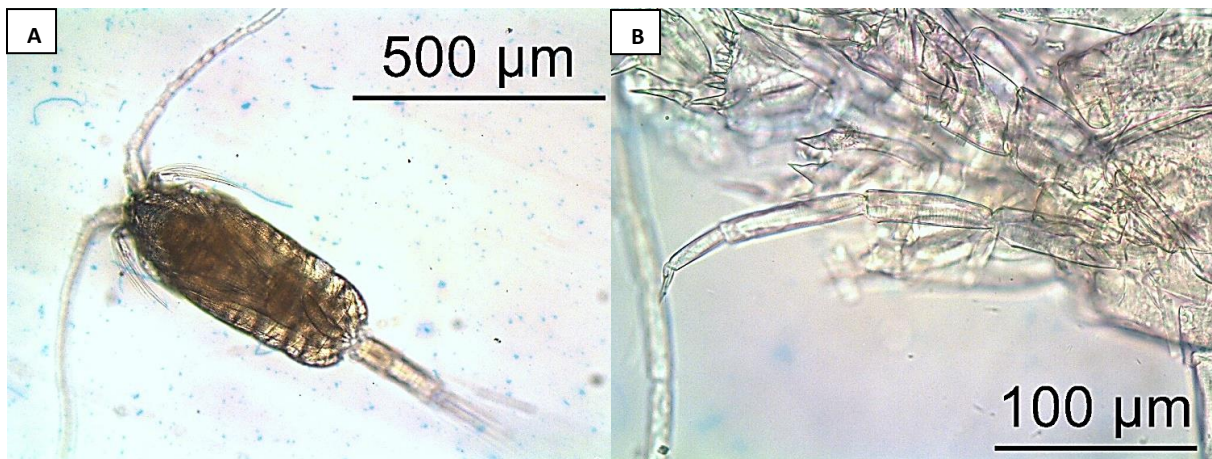


Αρσενικό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) P5

Clausocalanus furcatus

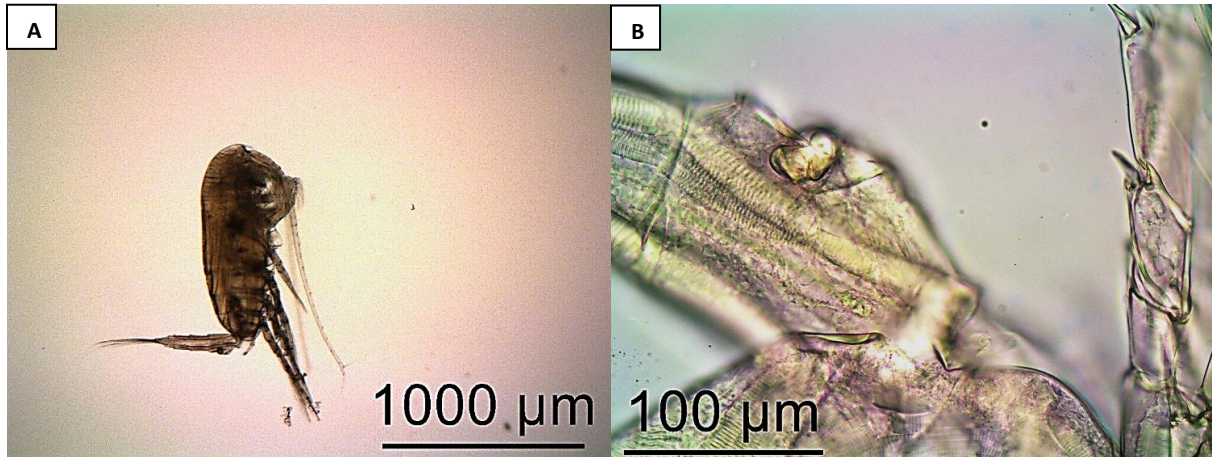


Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) Γενετικός πόρος

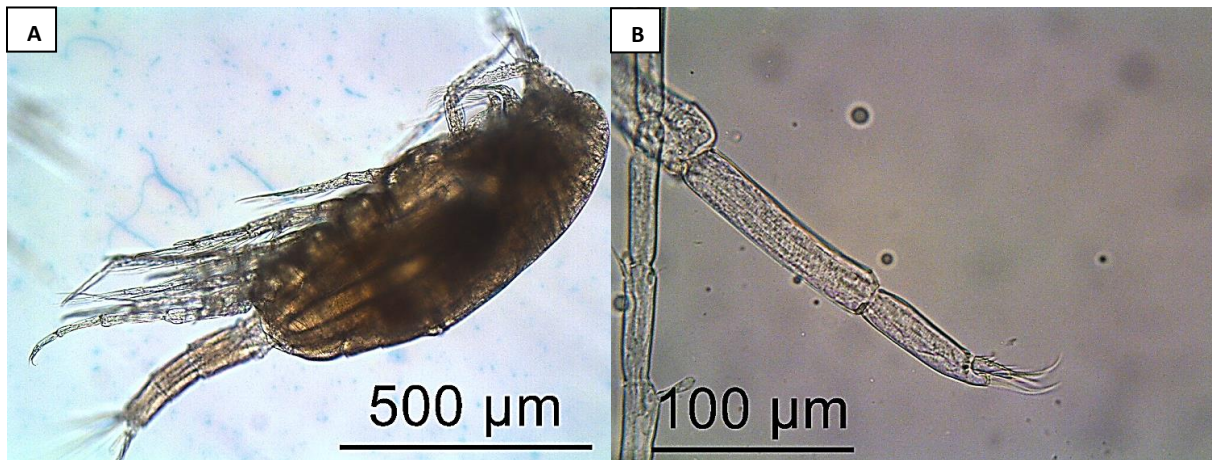


Αρσενικό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, Β) P5

Clausocalanus jobei

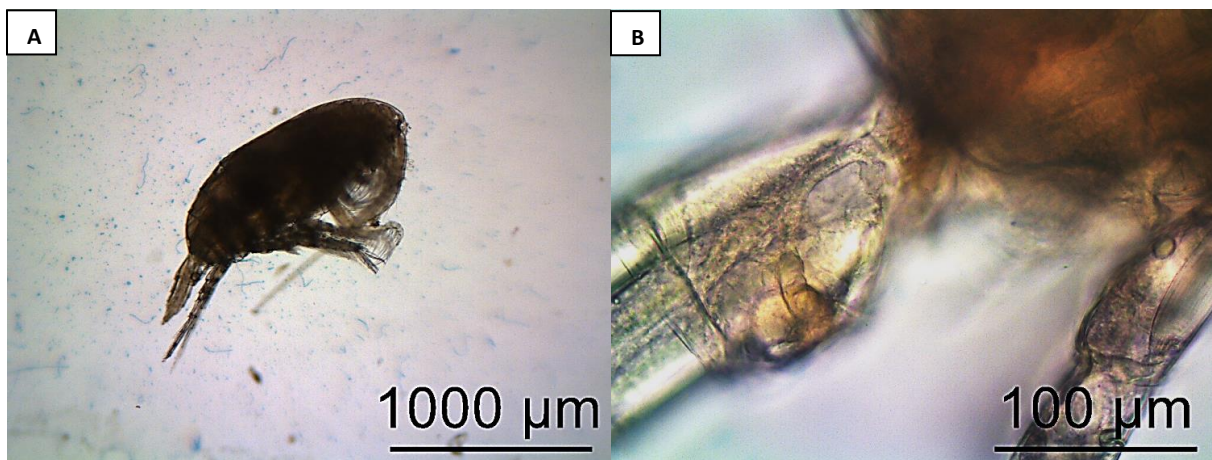


Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) Γενετικός πόρος



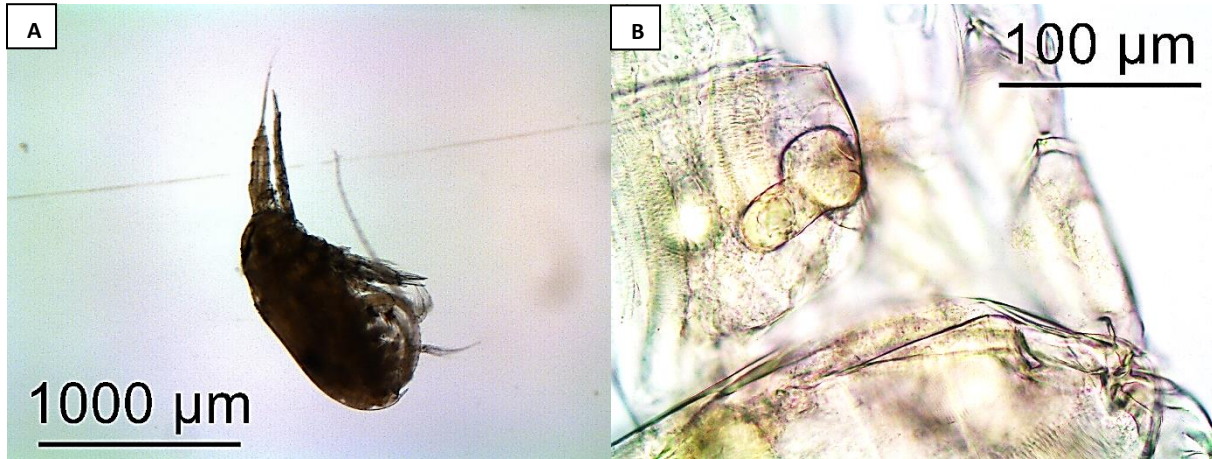
Αρσενικό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) P5

Clausocalanus mastigophorus



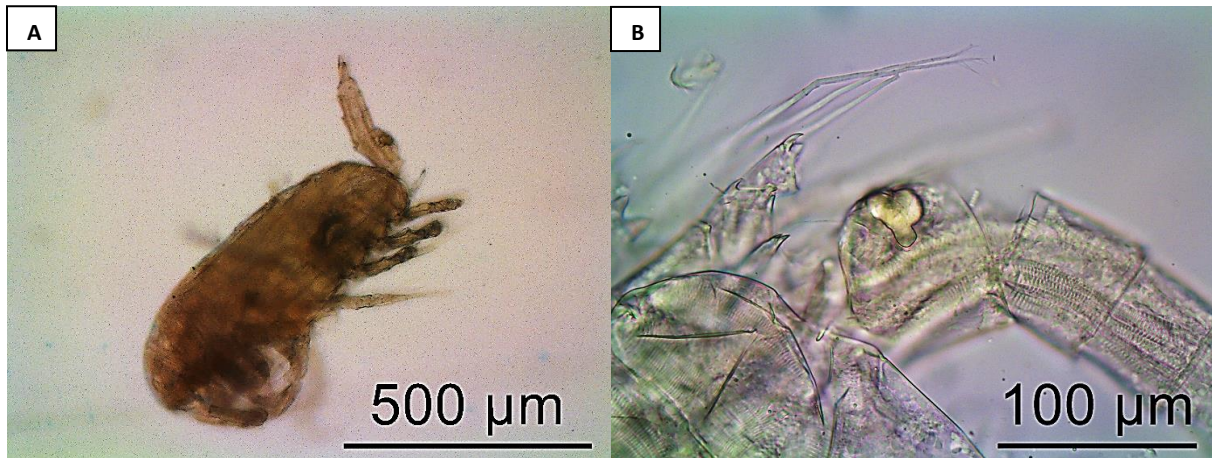
Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) Γενετικός πόρος

Clausocalanus parapergens



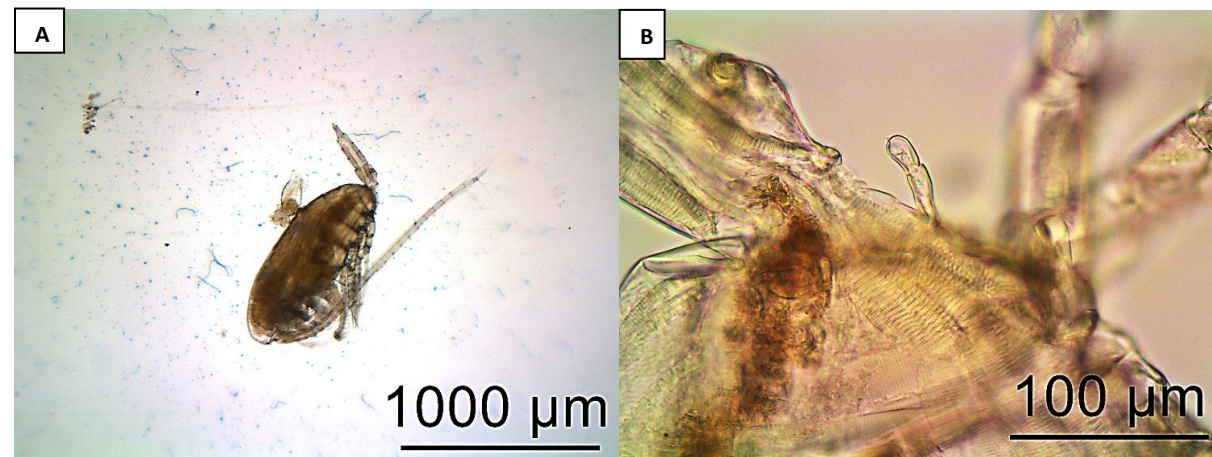
Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) Γενετικός πόρος

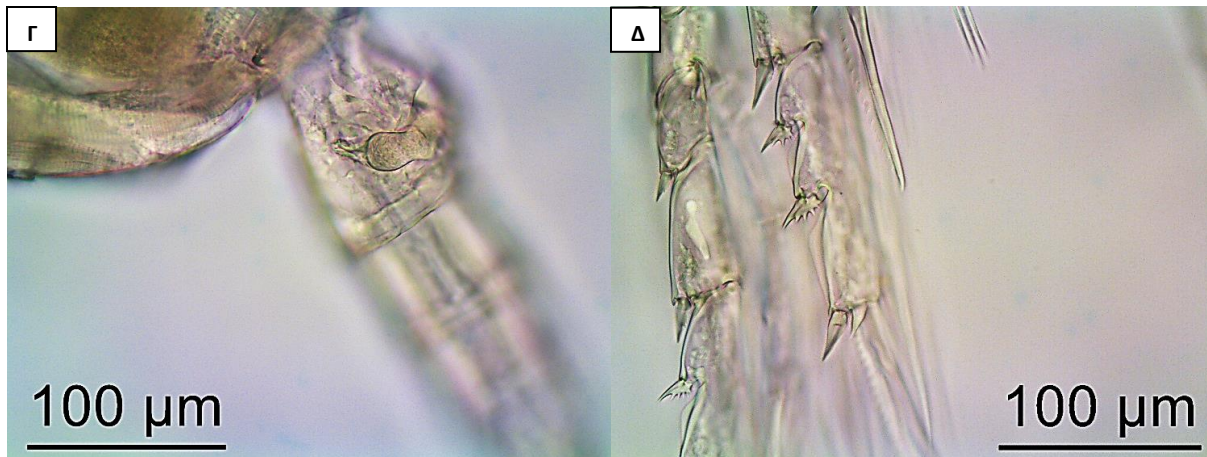
Clausocalanus pergens



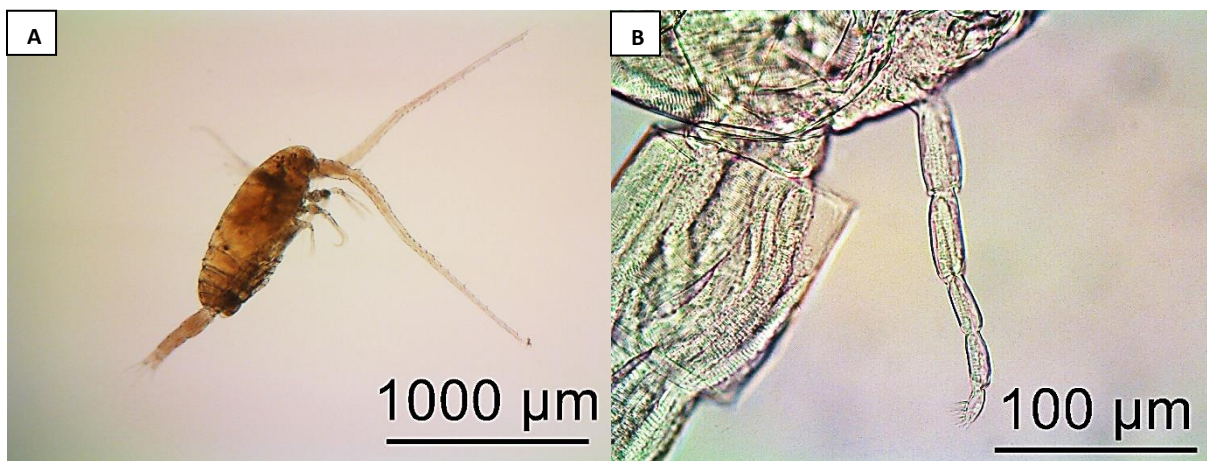
Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) Γενετικός πόρος

Ctenocalanus vanus



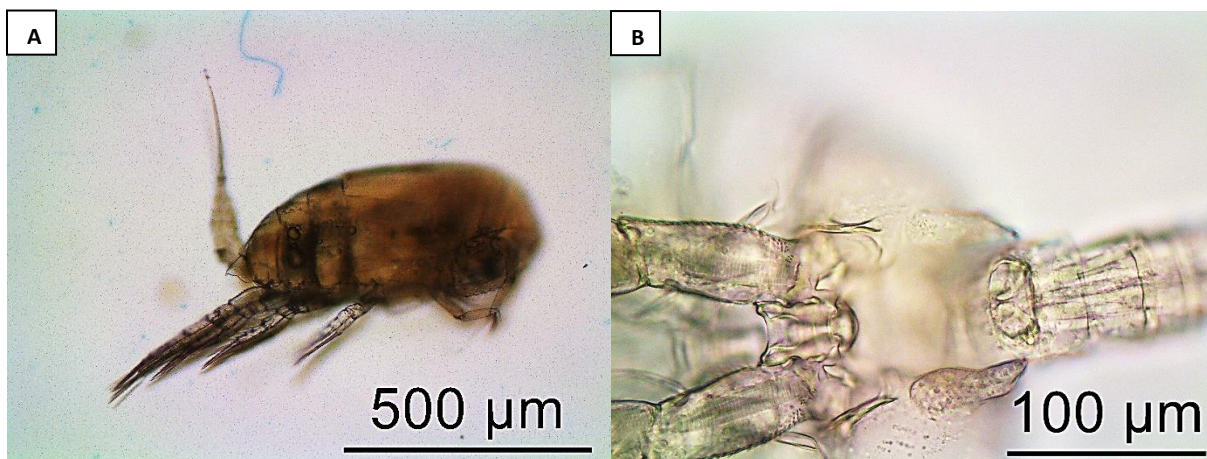


Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) Γενετικός πόρος, Γ) P5, Δ) P4



Αρσενικό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) P5

Diaixis rygmaea

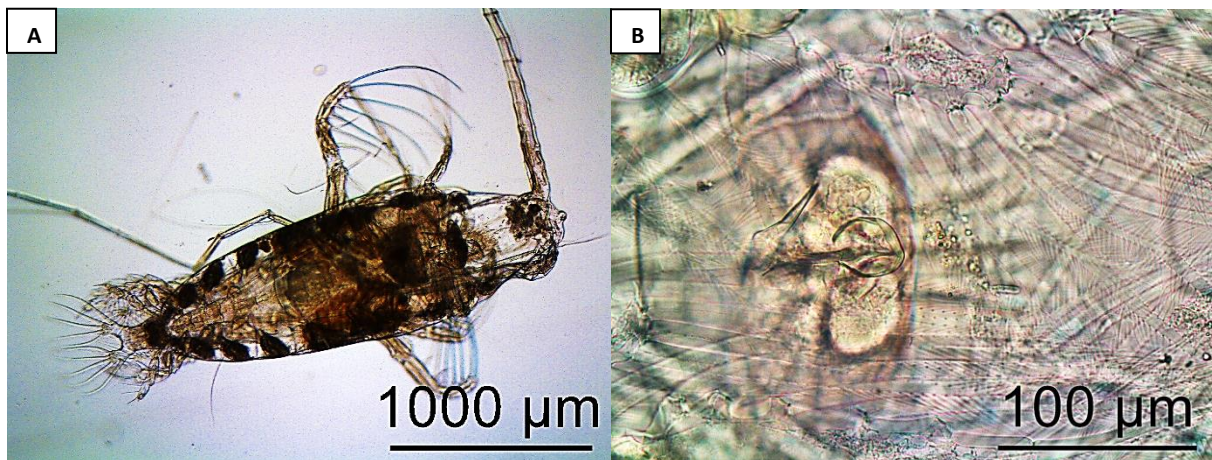


Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) Γενετικός πόρος



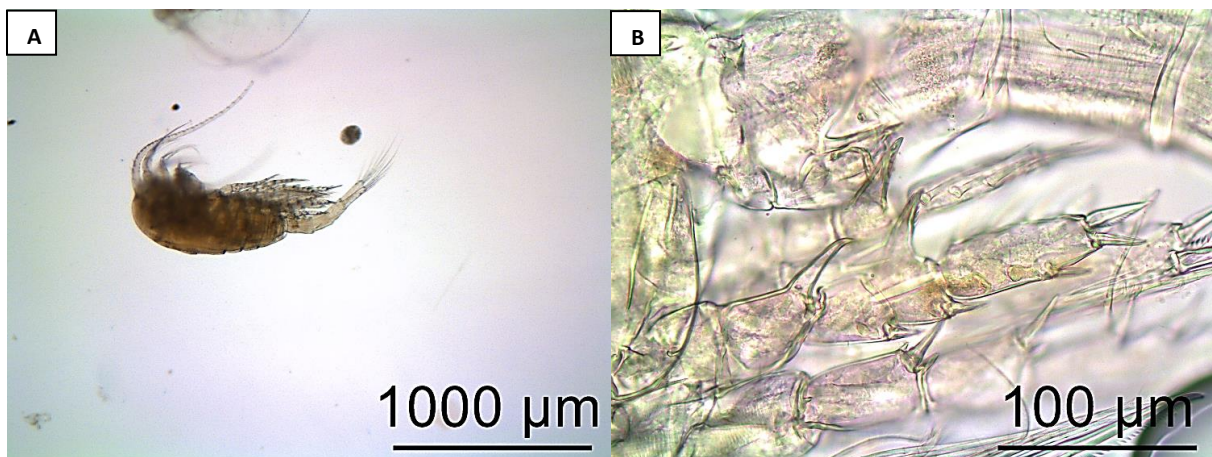
Αρσενικό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) P5

Haloptilus longicornis



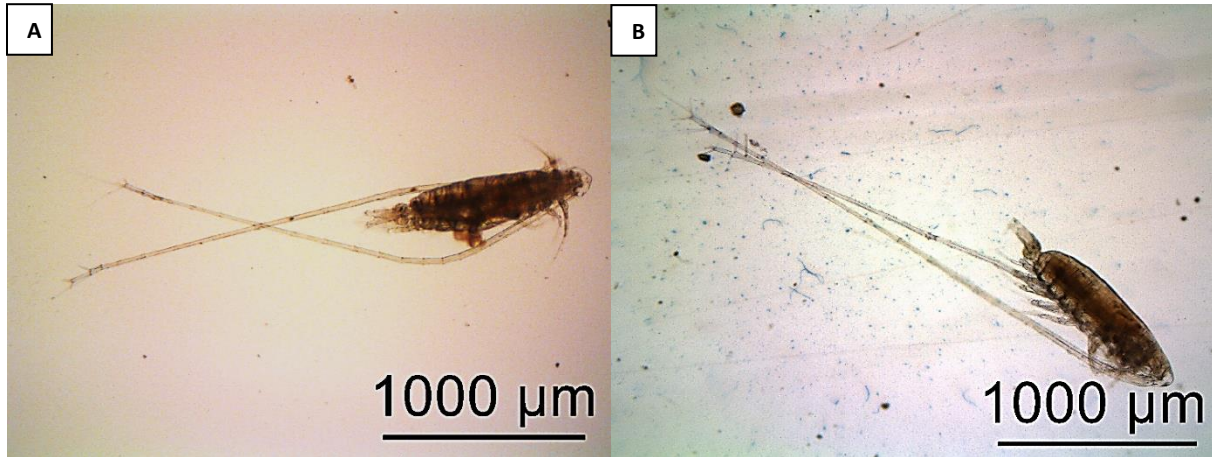
Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, Β) Γενετικός πόρος

Isias clavipes



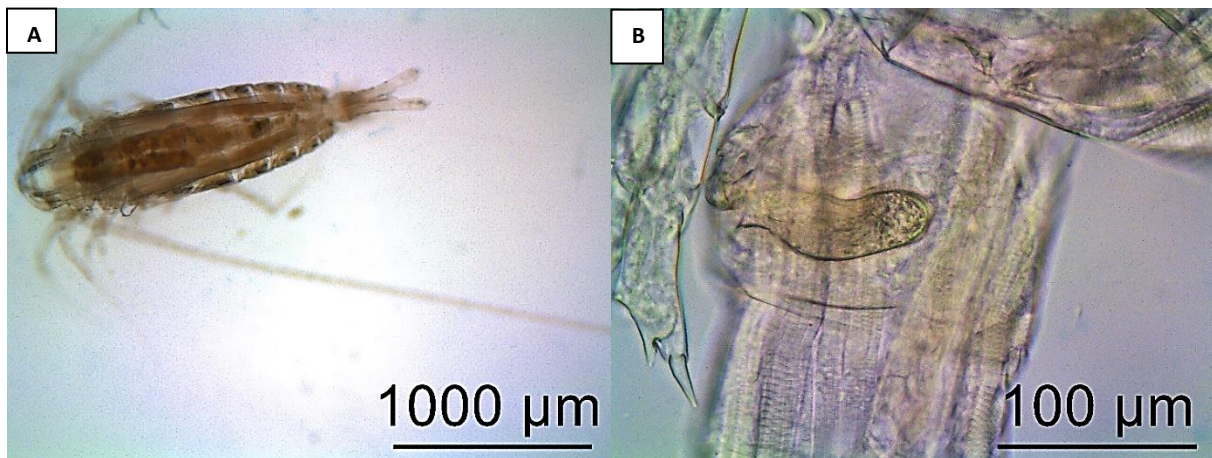
Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) P5

Mecynocera clausi

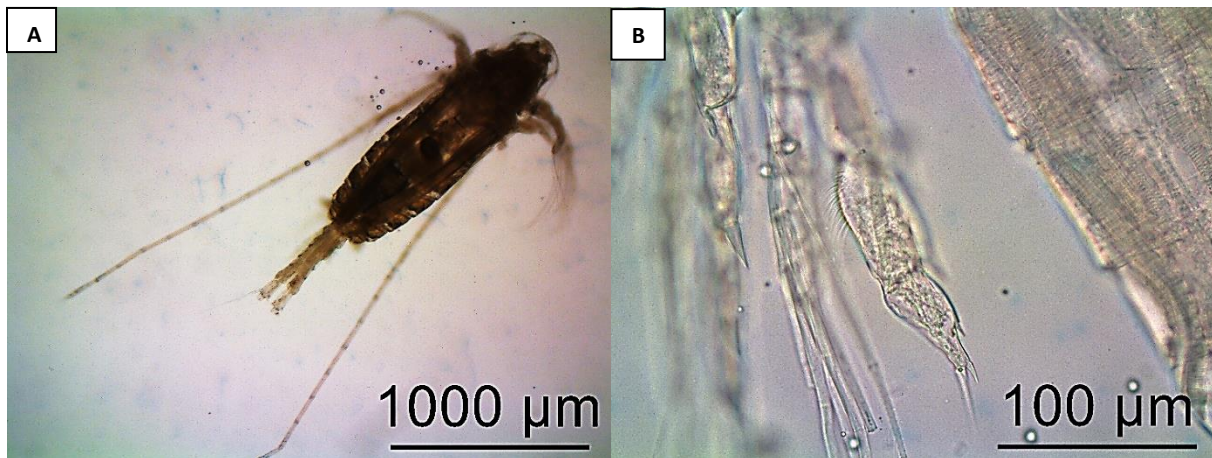


Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, Β) πλάγια όψη

Mesocalanus tenuicornis

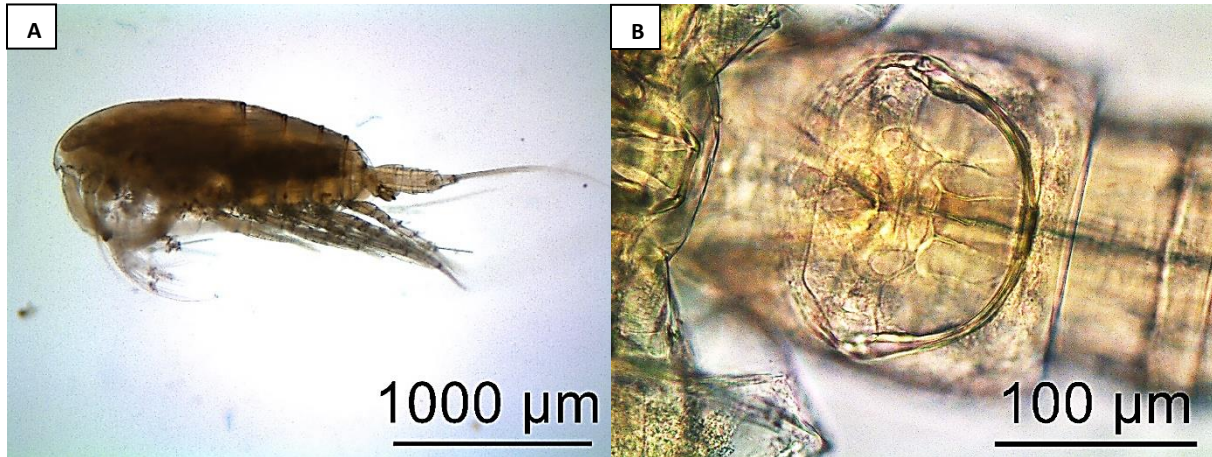


Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, Β) Γενετικός πόρος

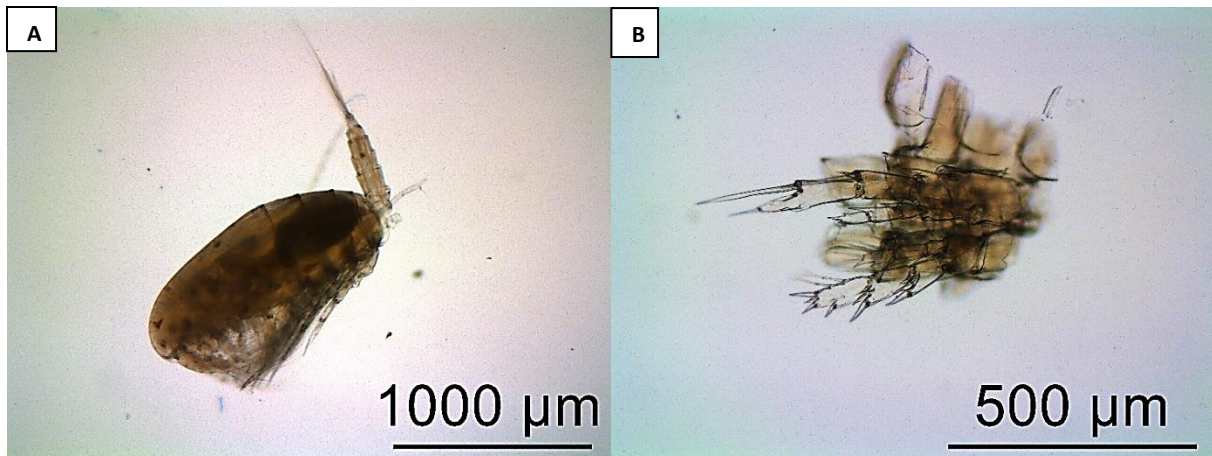


Αρσενικό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, Β) P5

Nannocalanus minor

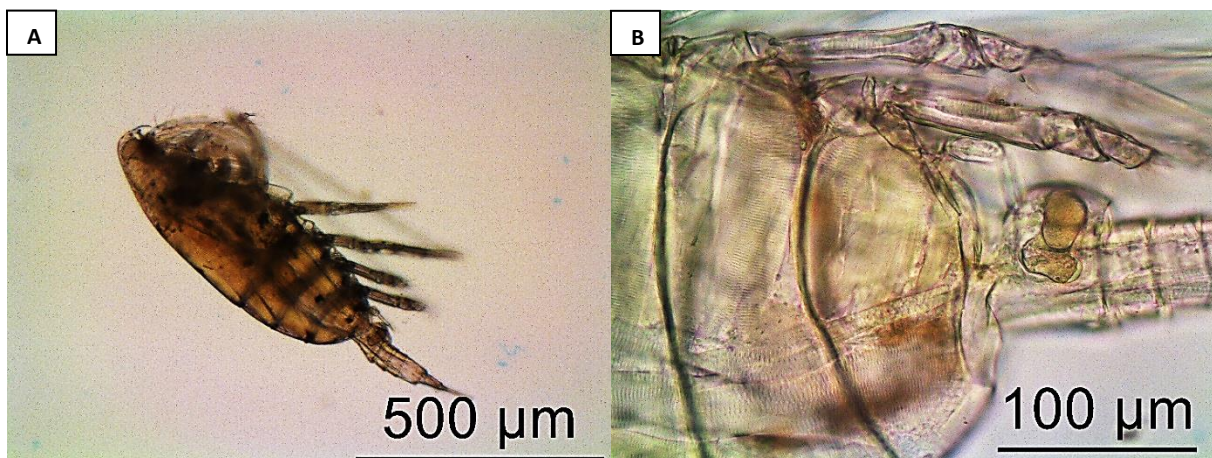


Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) Γενετικός πόρος



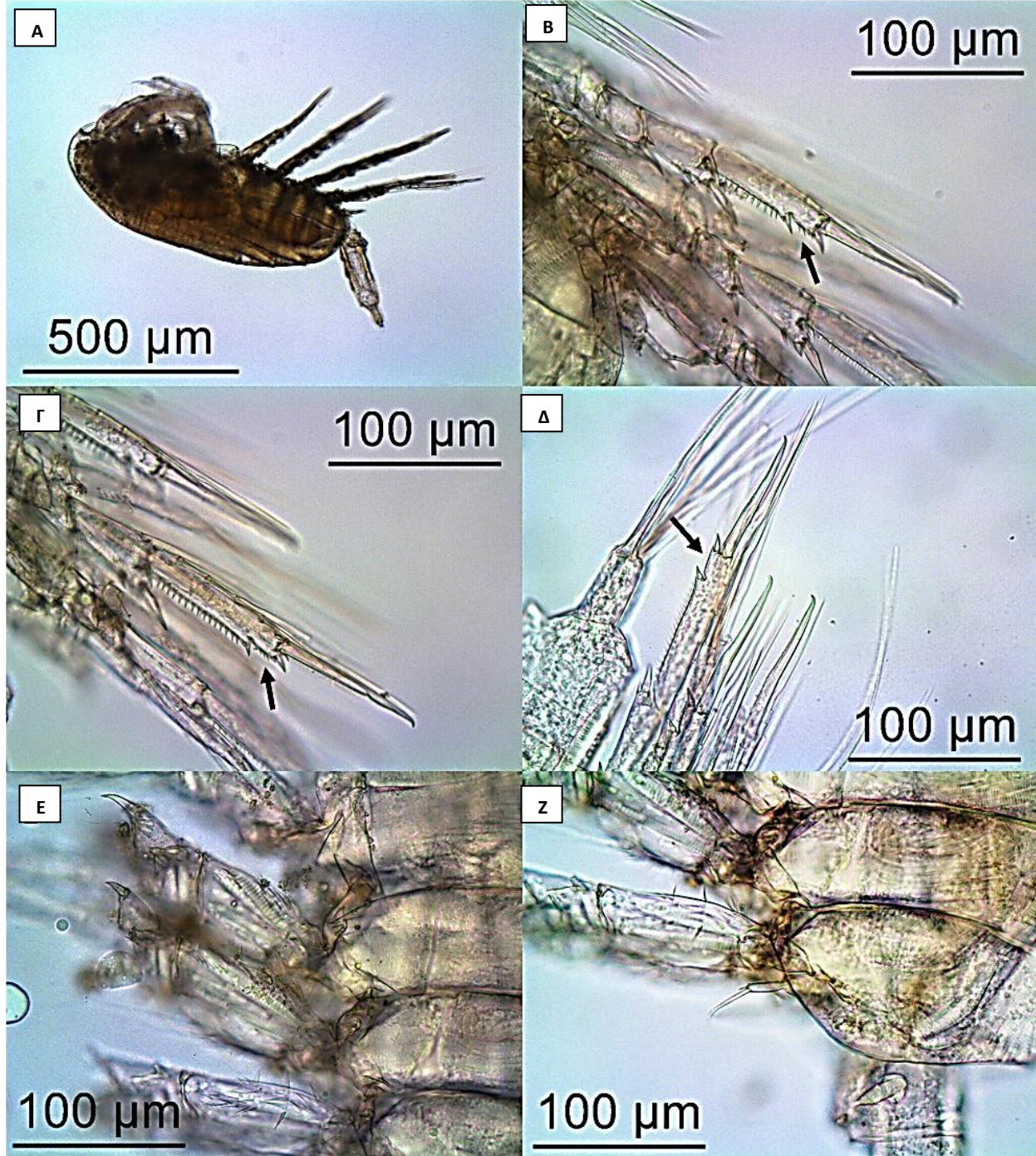
Αρσενικό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) P5

Paracalanus denudatus



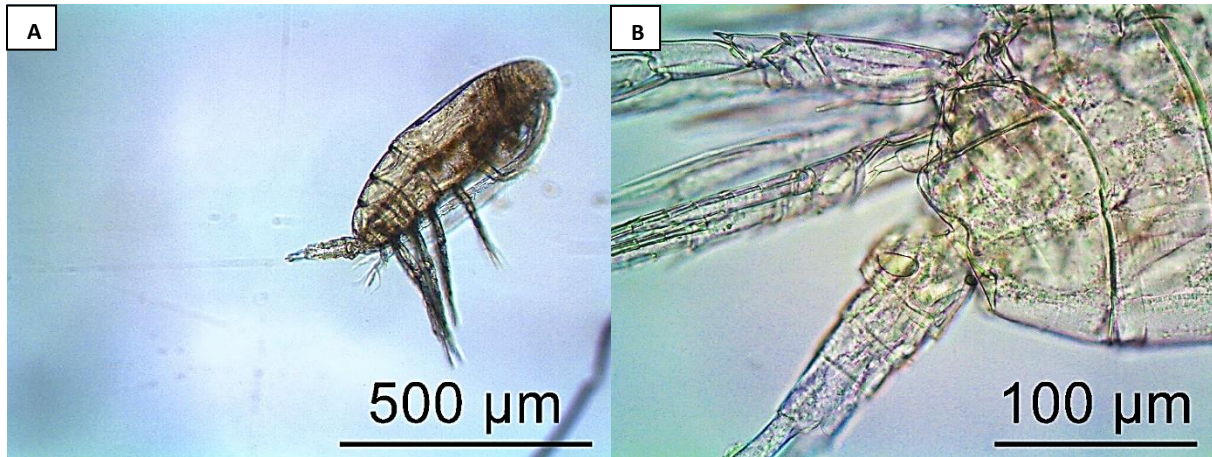
Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) Γενετικός πόρος

Paracalanus indicus



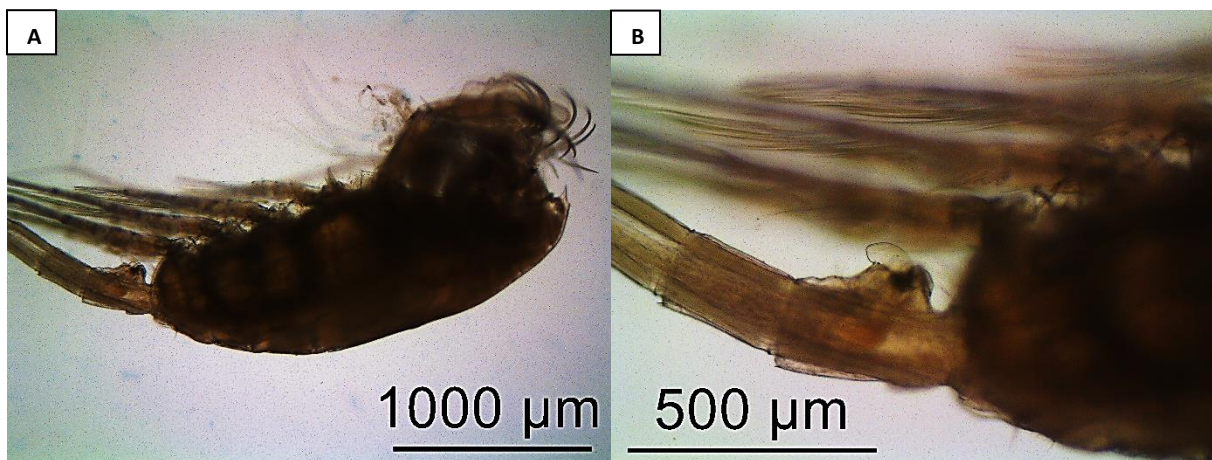
Θηλυκό άτομο, Α) Ολικό σώμα, πλάγια όψη, Β) εξωποδίτης P2, Γ) εξωποδίτης P3, Δ) εξωποδίτης P4, Ε) Βασιποδίτες P2, P3 και P4, Ζ) P5 και γενετικός πόρος

Paracalnus nanus

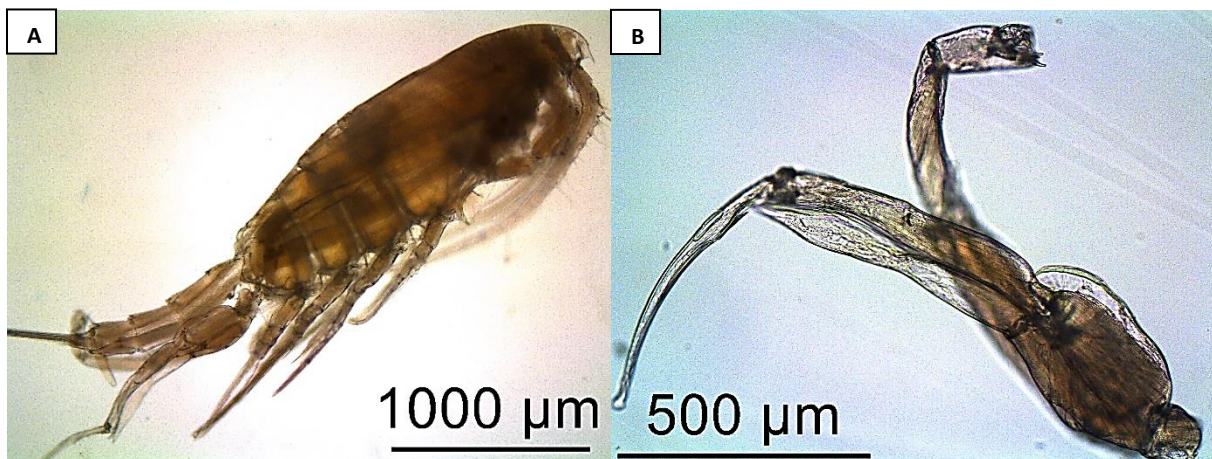


Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) Γενετικός πόρος

Paraeuchaeta hebes

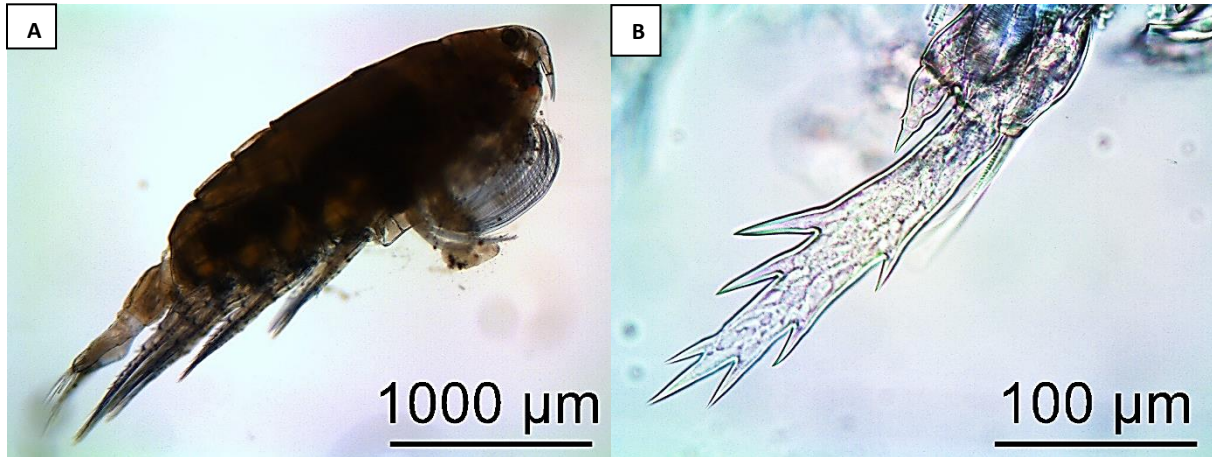


Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) Γενετικός πόρος

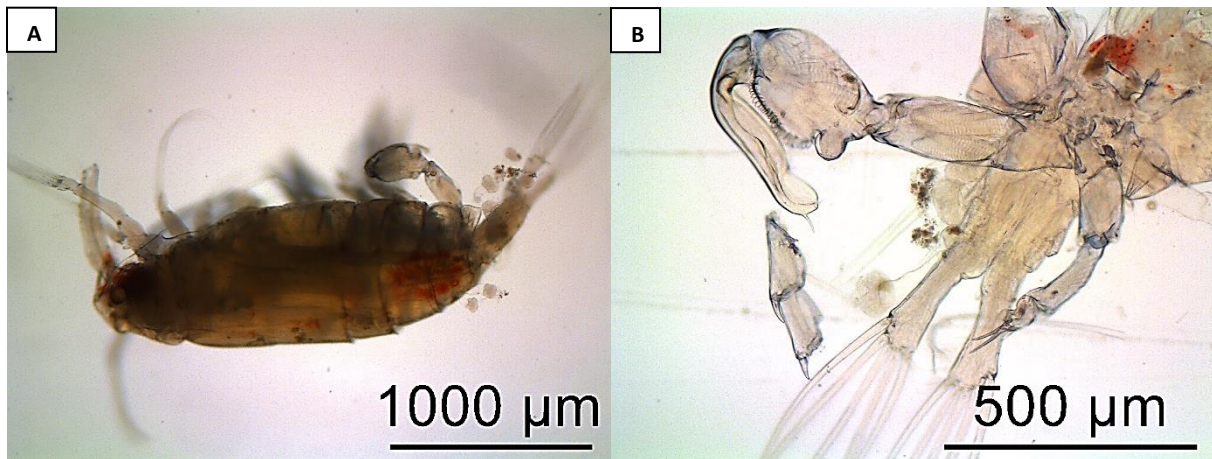


Αρσενικό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) P5

Pontella mediterranea

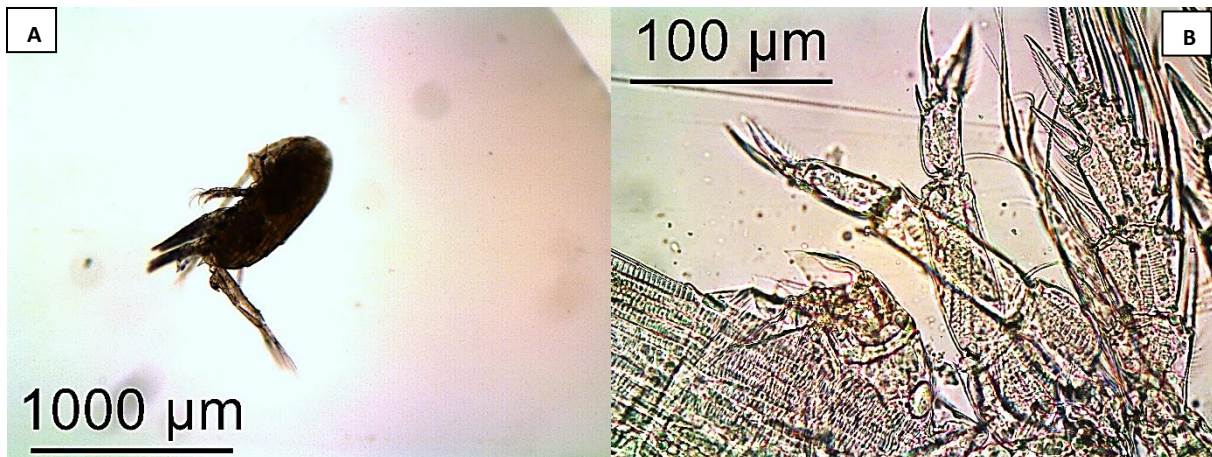


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) P5

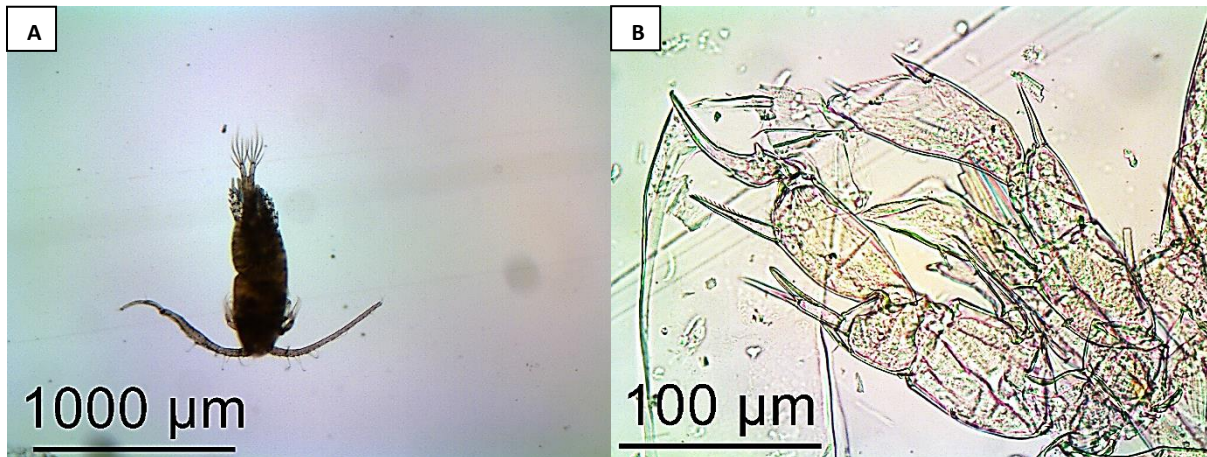


Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) P5

Pseudodiaptomus marinus

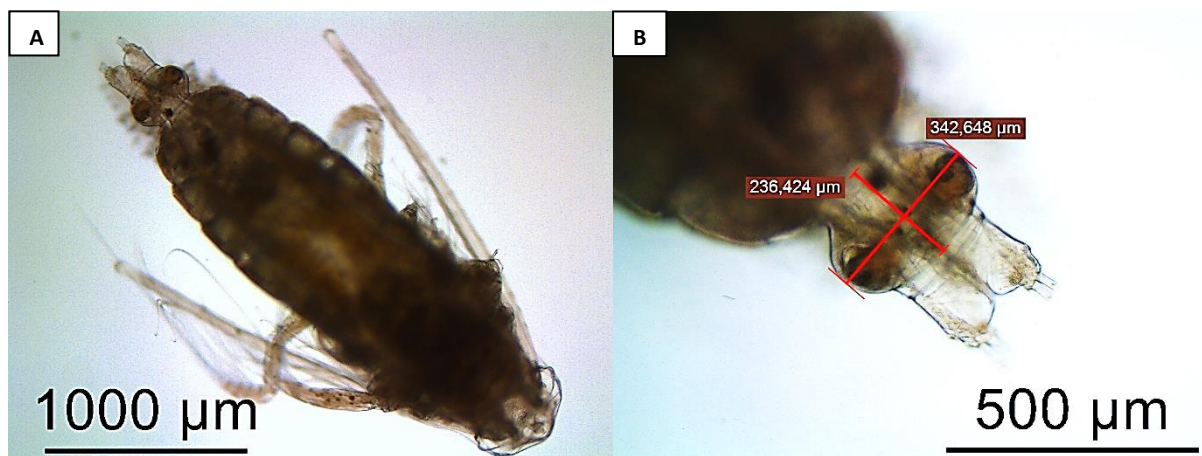


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) P5



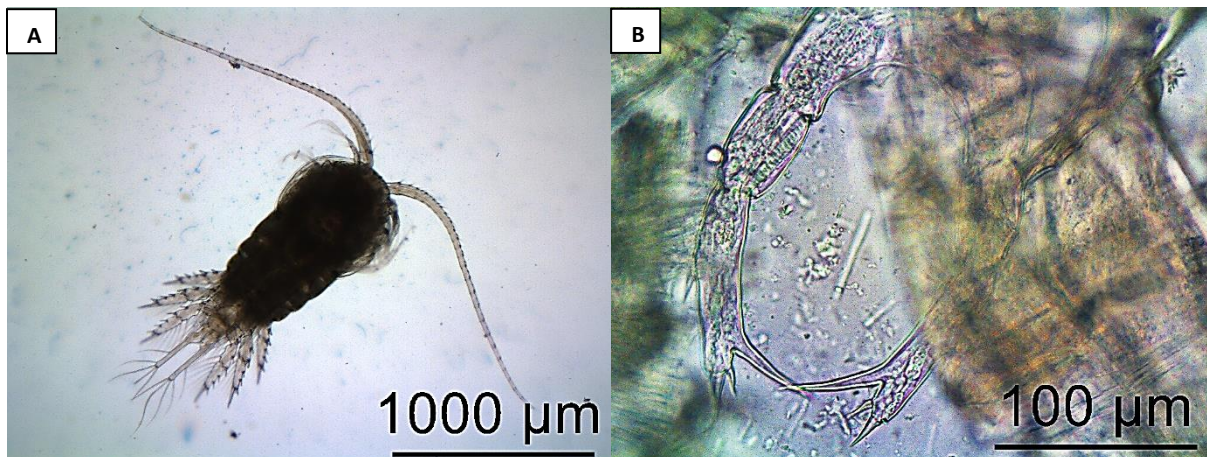
Αρσενικό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, Β) P5

Subeucalanus crassus

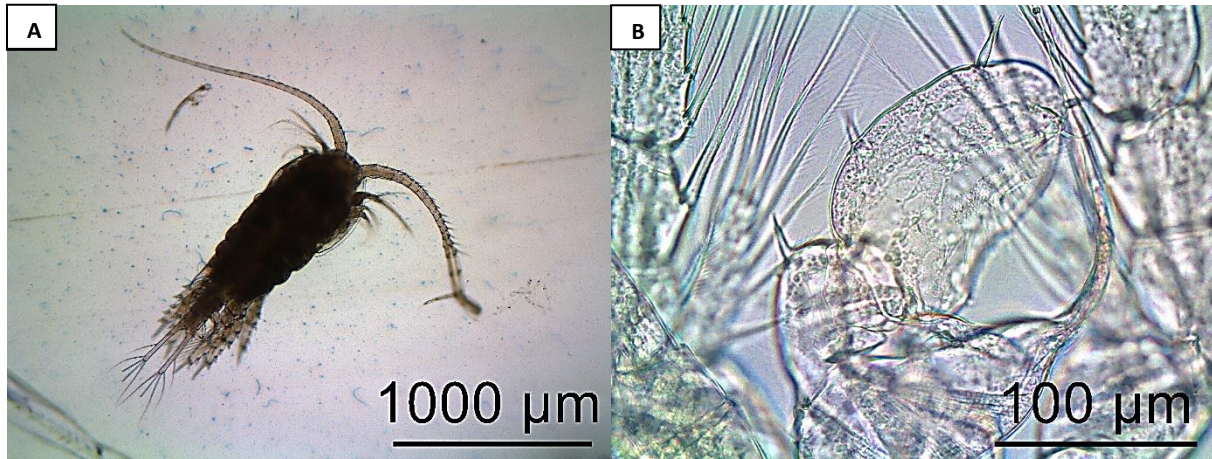


Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, Β) Γενετικός πόρος

Temora stylifera



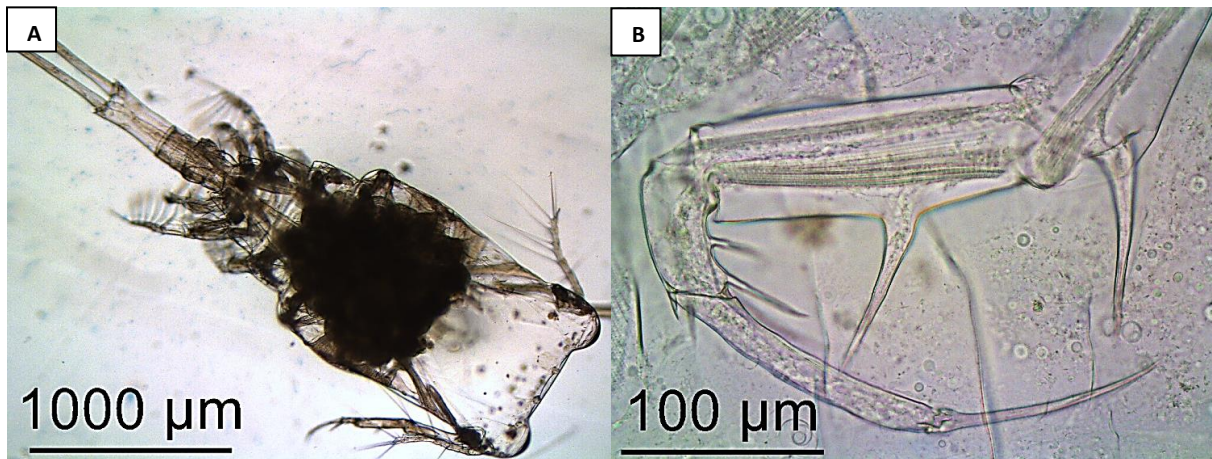
Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, Β) P5



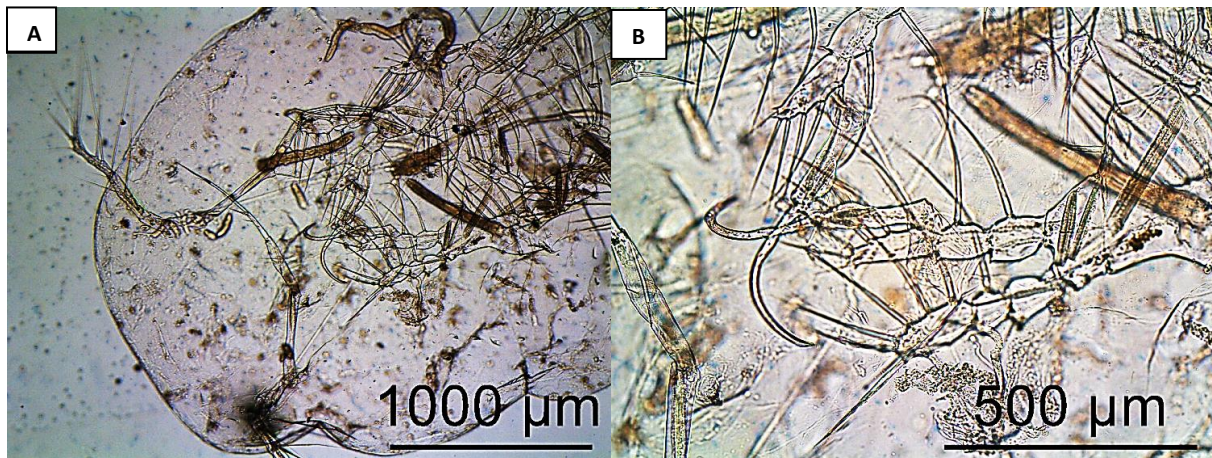
Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) P5

Κυκλωποειδή

Copilia quadrata

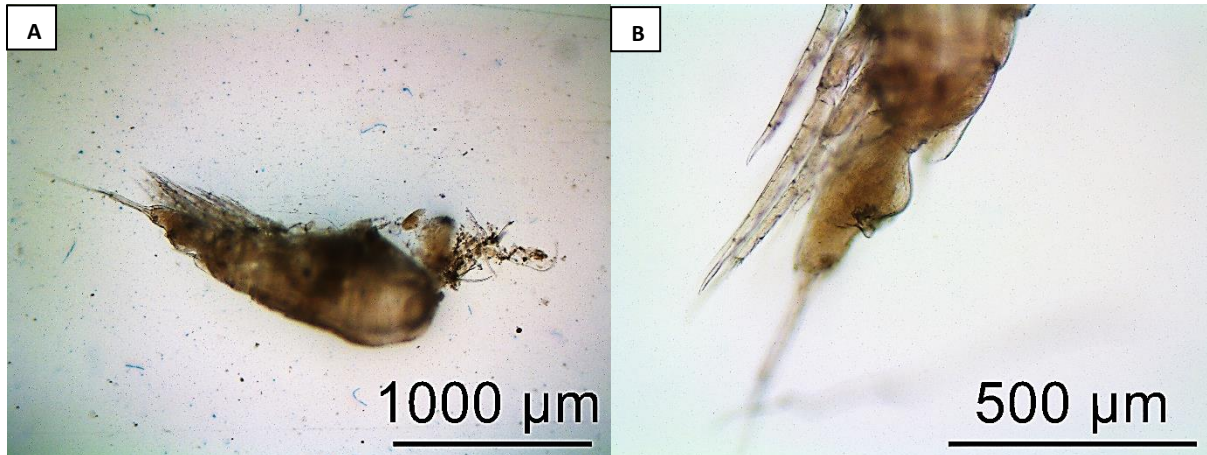


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) A2



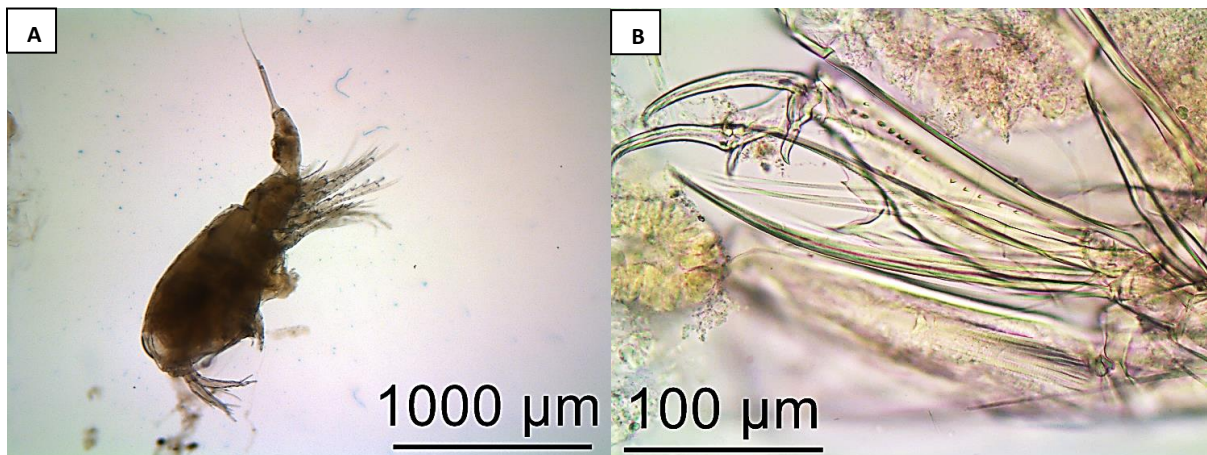
Αρσενικό άτομο, A) Κεφάλι, κοιλιακή όψη, B) ΜΧΡ

Corycaeus (Agetus) flaccus



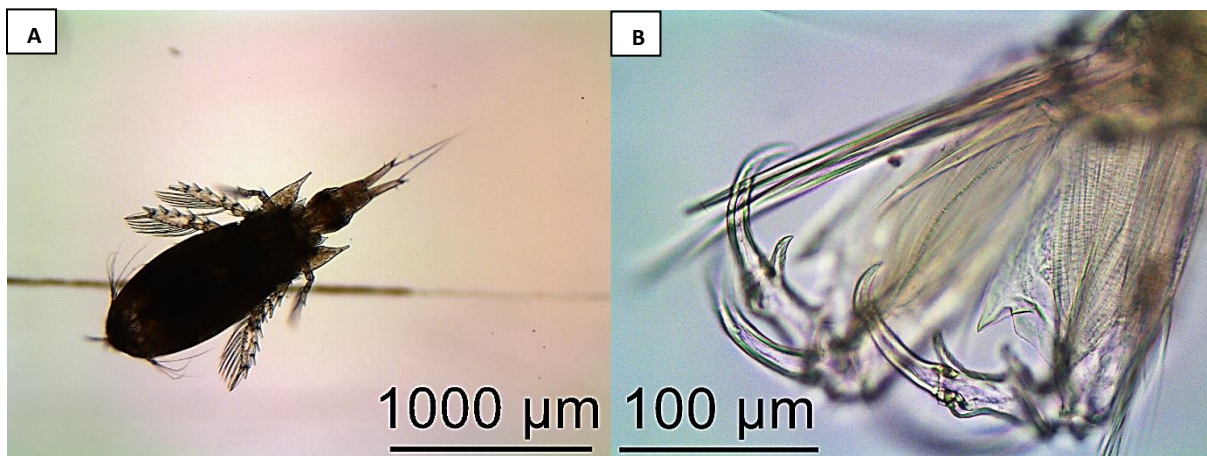
Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) Γενετικό τμήμα

Corycaeus (Agetus) typicus

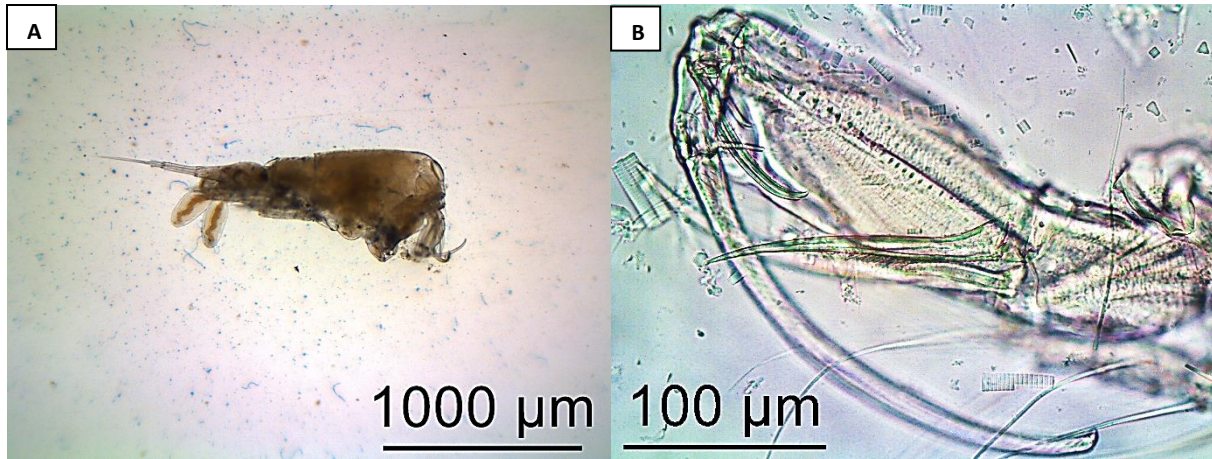


Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, Β) Α2

Corycaeus (Corycaeus) clausi

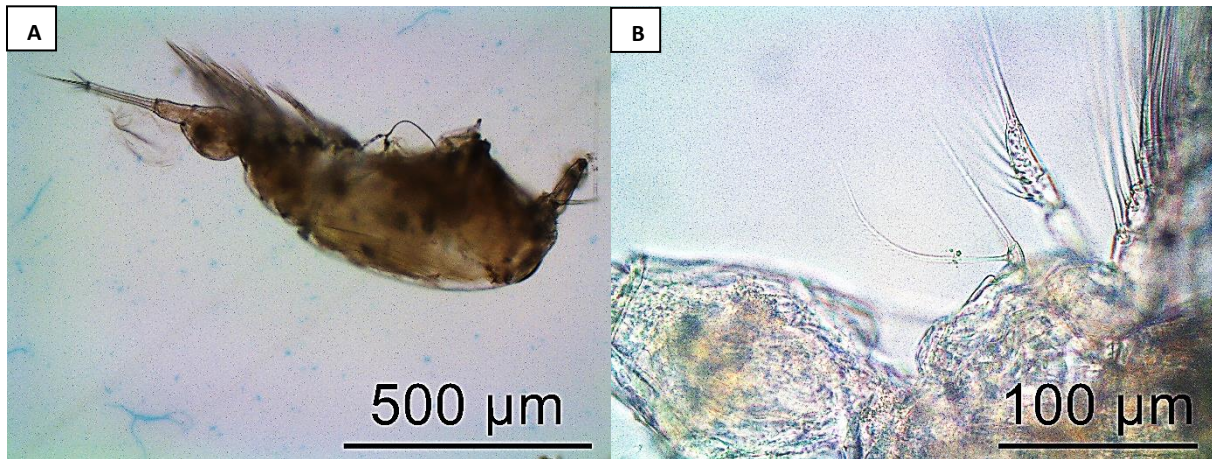


Θηλυκό άτομο, Α) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, Β) Α2

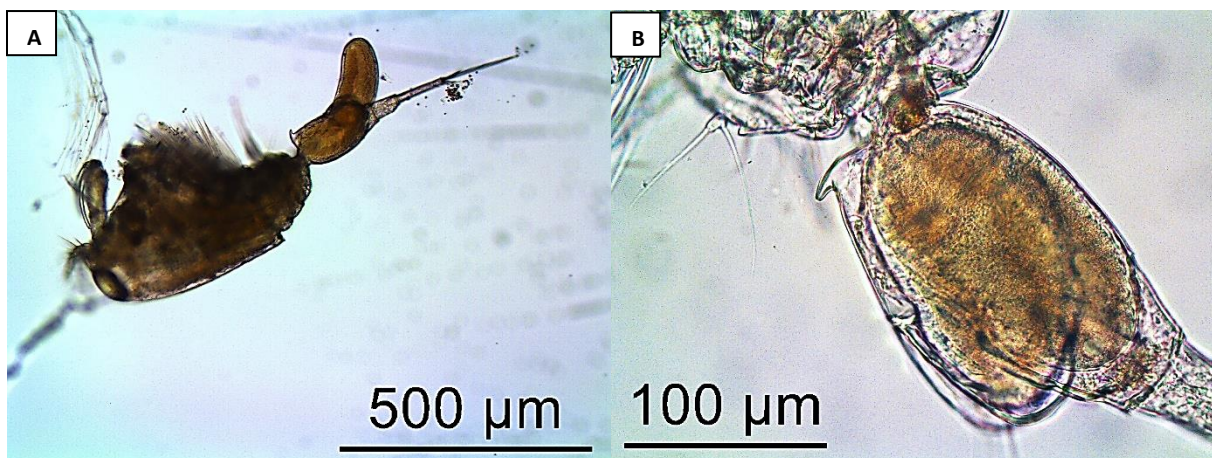


Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) A2

Corycaeus (Ditrichocorycaeus) brehmi

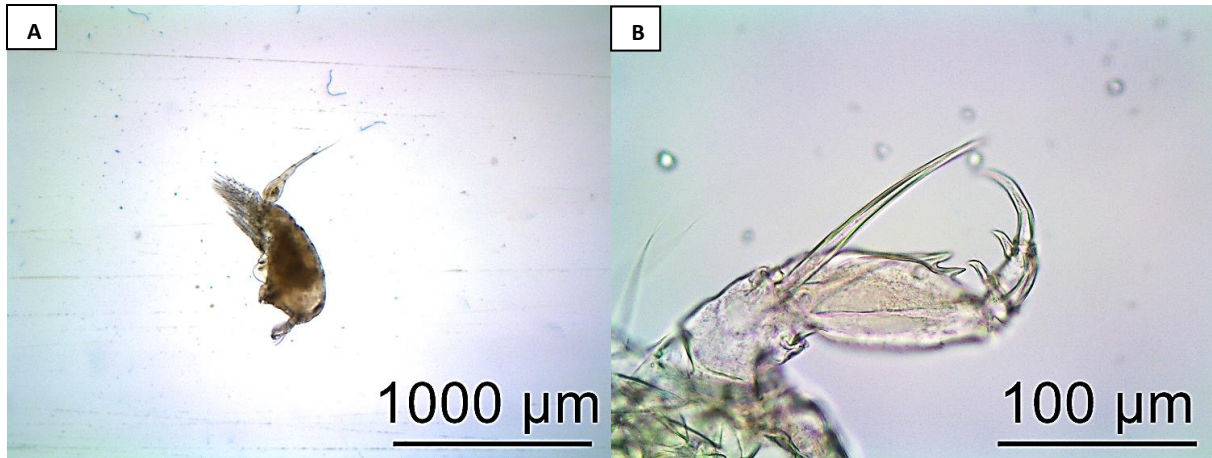


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) P4

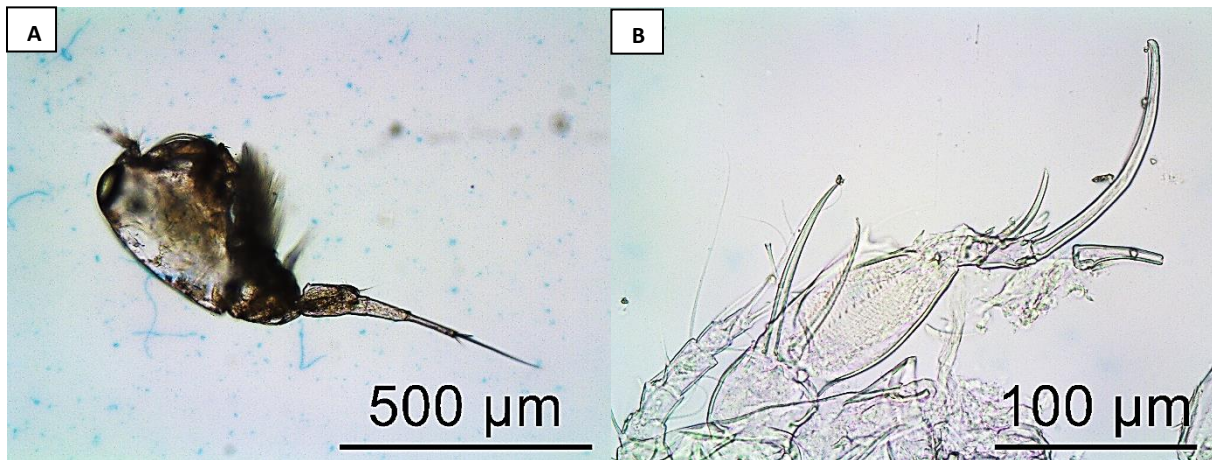


Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) Γενετικό τμήμα & P4

Corycaeus (Onychocorycaeus) giesbrechti

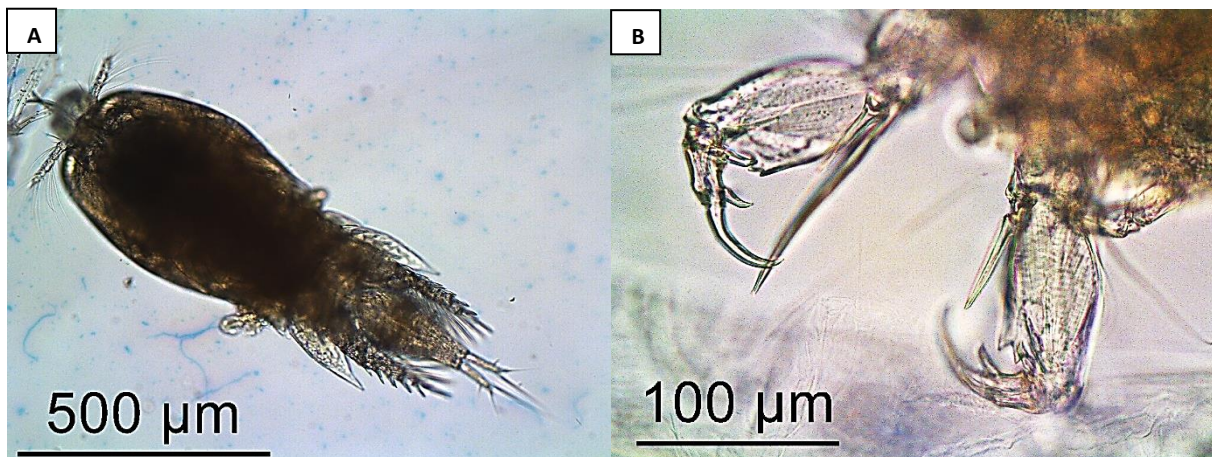


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) A2

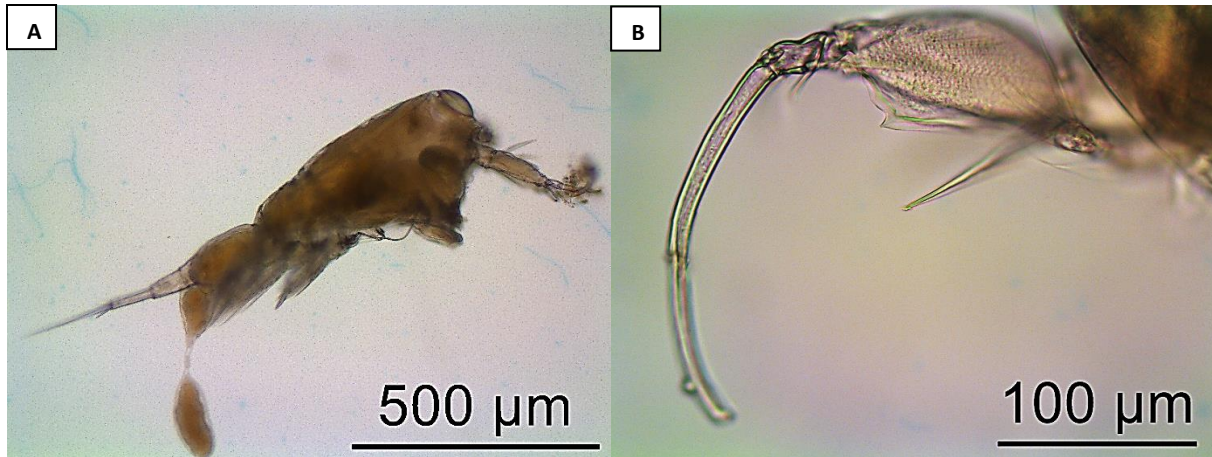


Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) A2

Corycaeus (Onychocorycaeus) ovalis

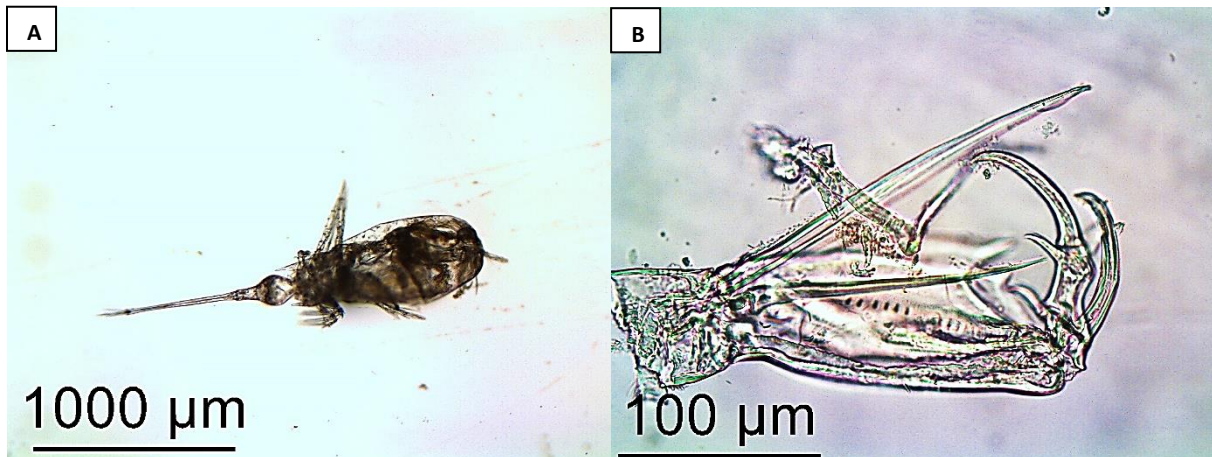


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) A2

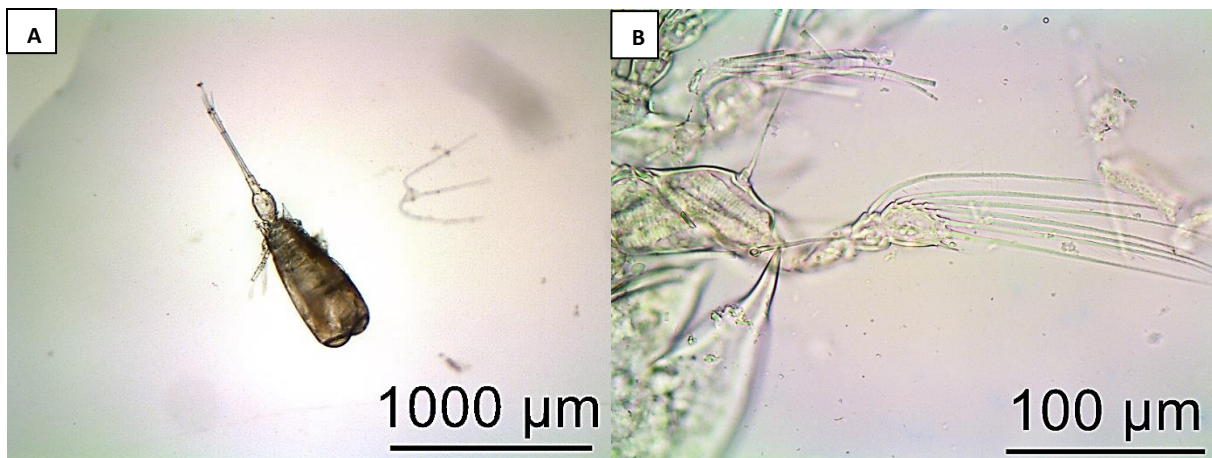


Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) A2

Corycaeus (Urocorycaeus) furcifer

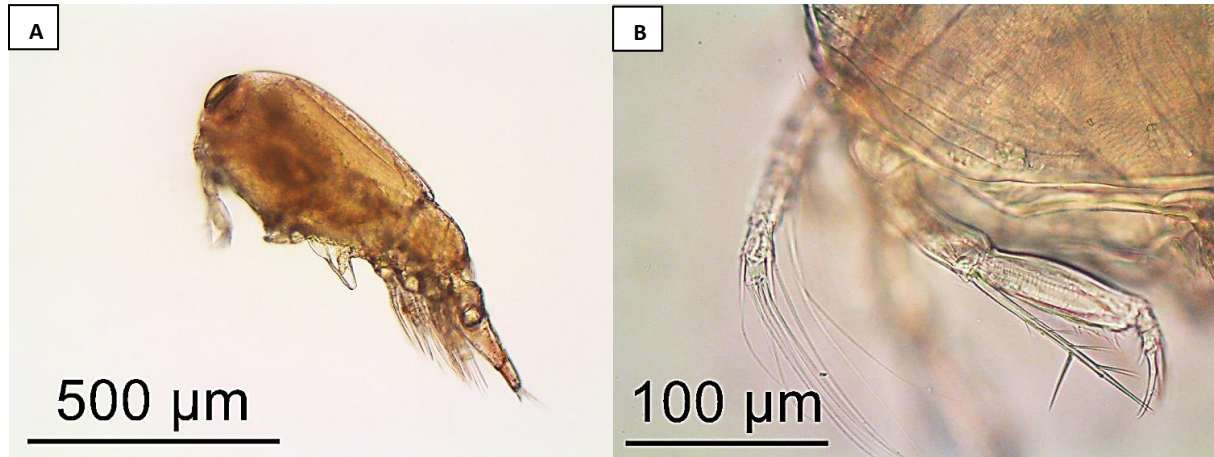


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) A2



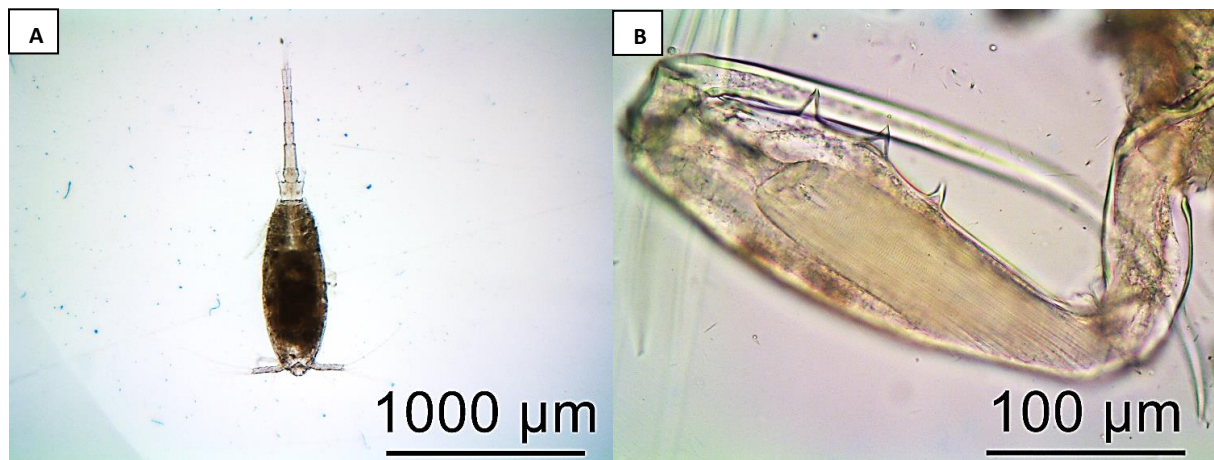
Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) P4

Farranula rostrata

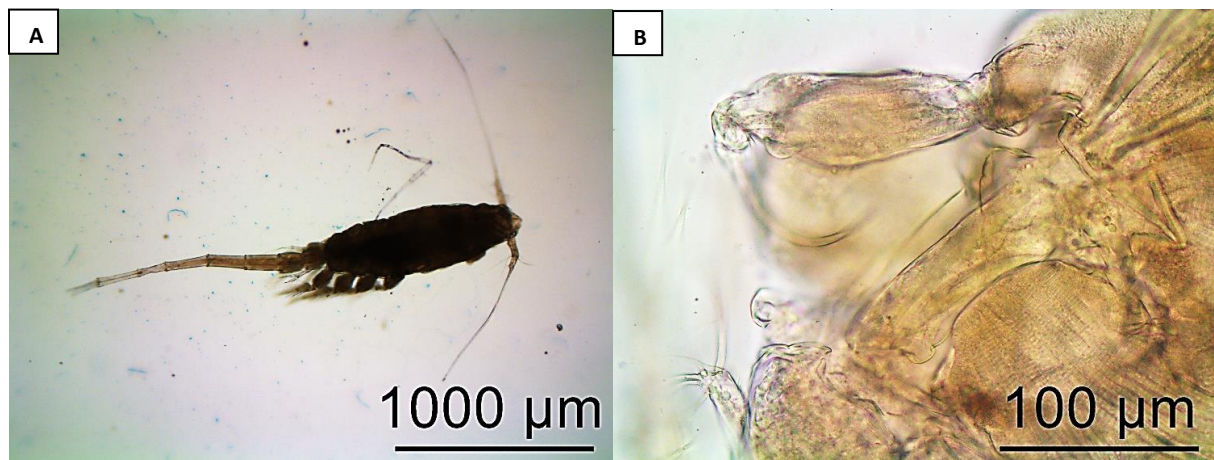


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) A2

Lubbockia squillimana



Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) MXP



Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) MXP

Lucicutia flavicornis

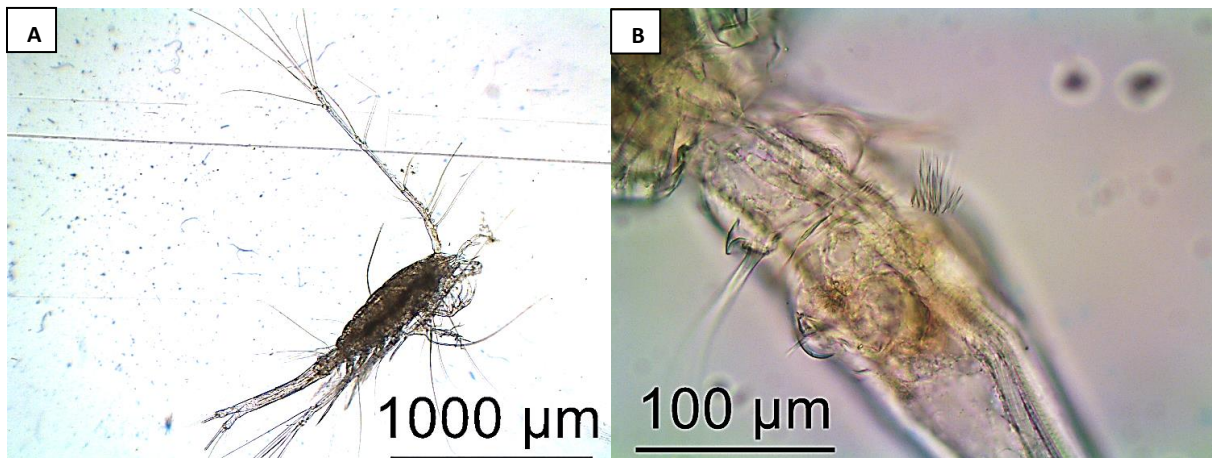


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) P5



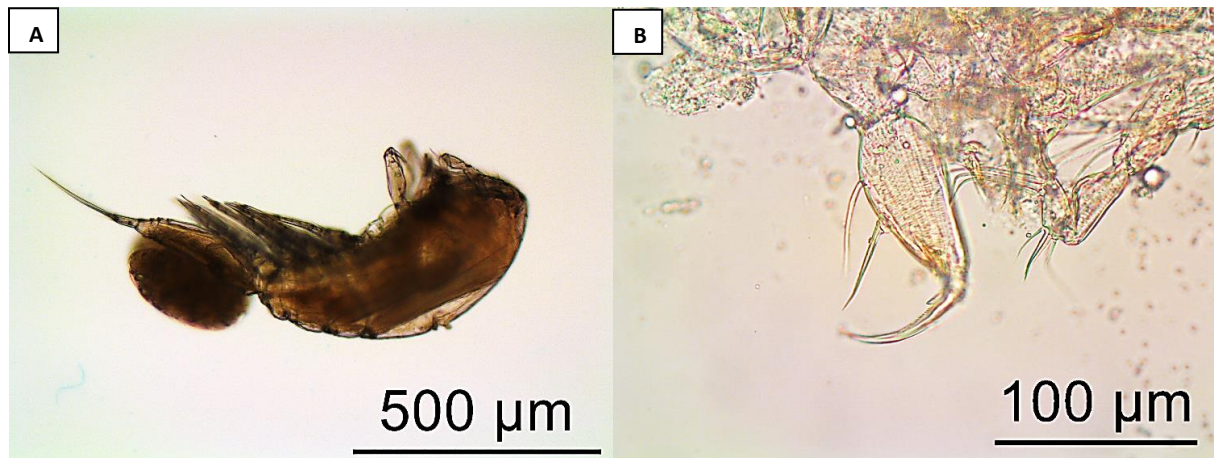
Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) P5

Oithona plumifera



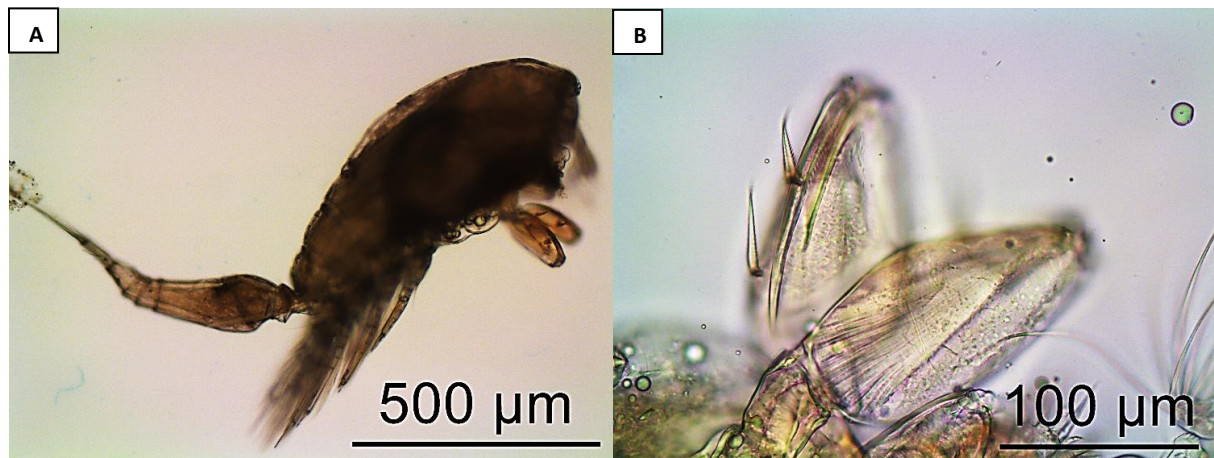
Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) Τούφα τριχών στο ουρόσωμα

Oncaea media



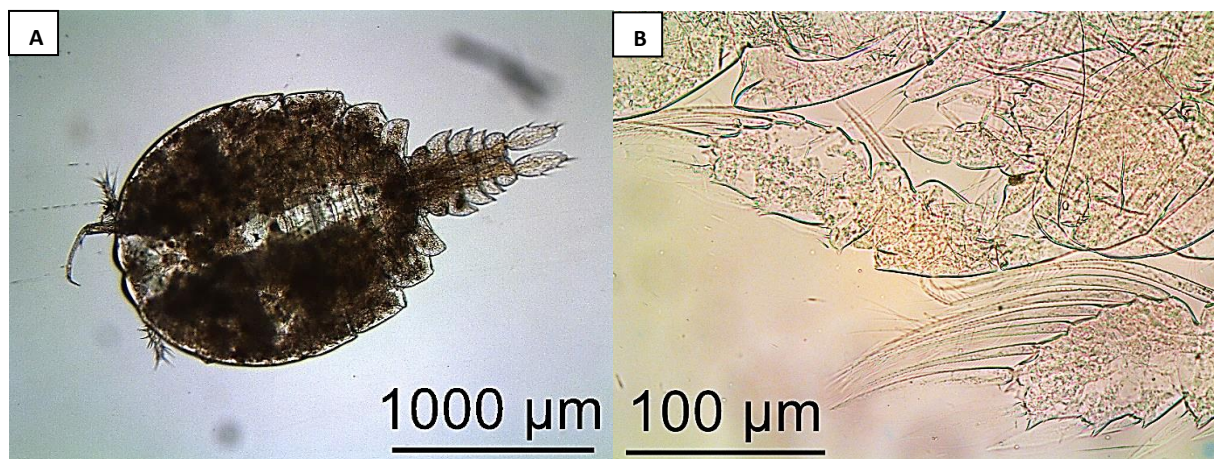
Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) ΜΧΡ

Oncaea mediterranea

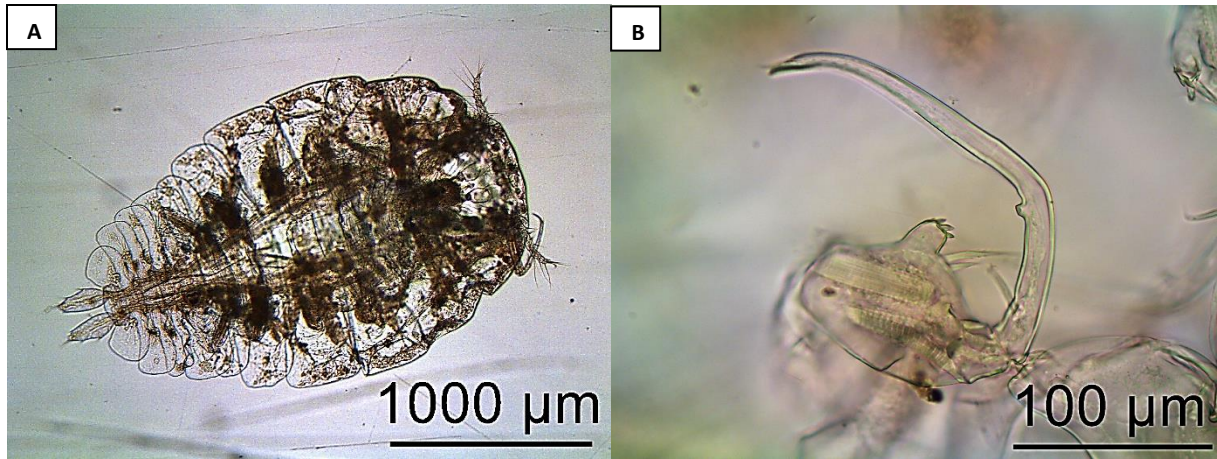


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) ΜΧΡ

Sapphirina intestinata

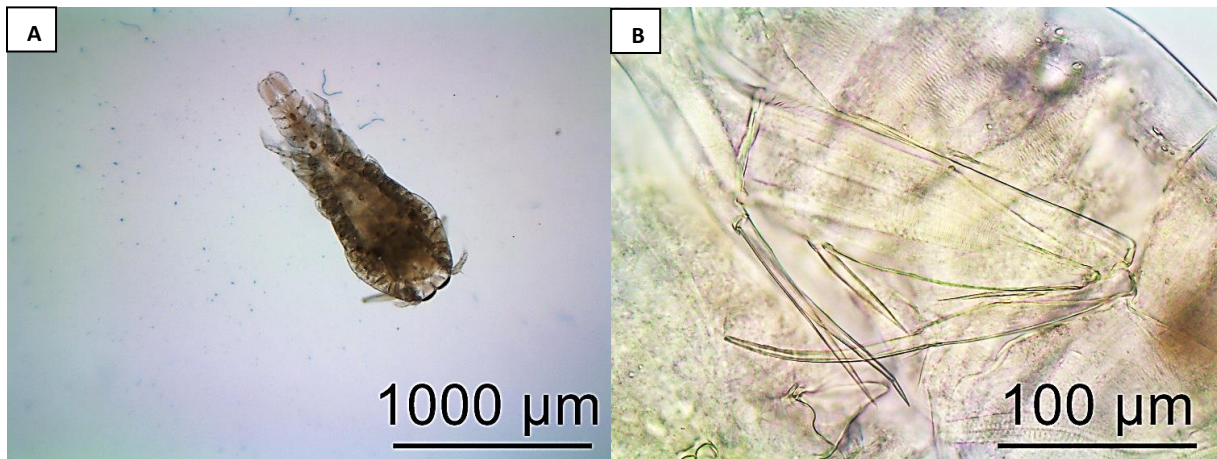


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) P4



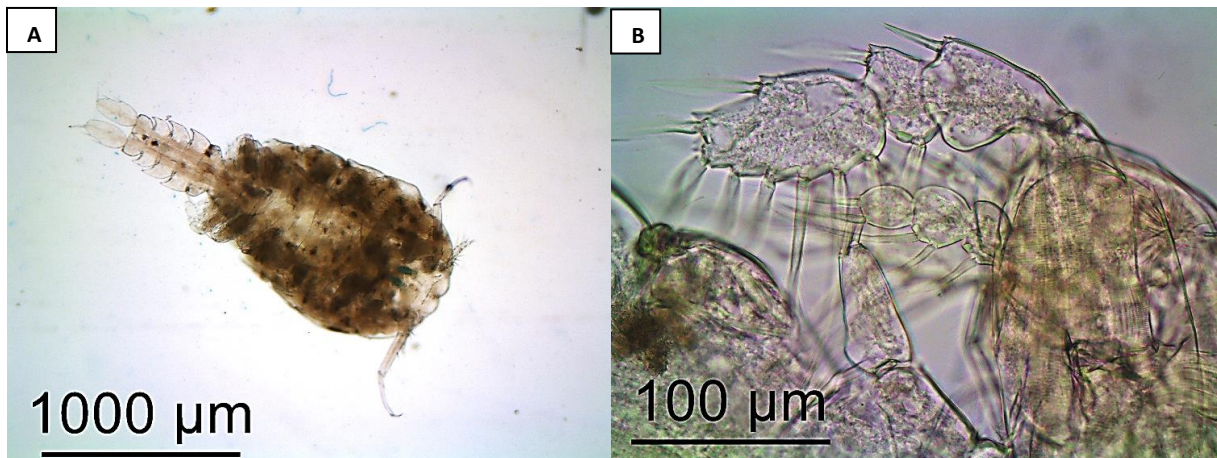
Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) ΜΧΡ

Sapphirina metallina

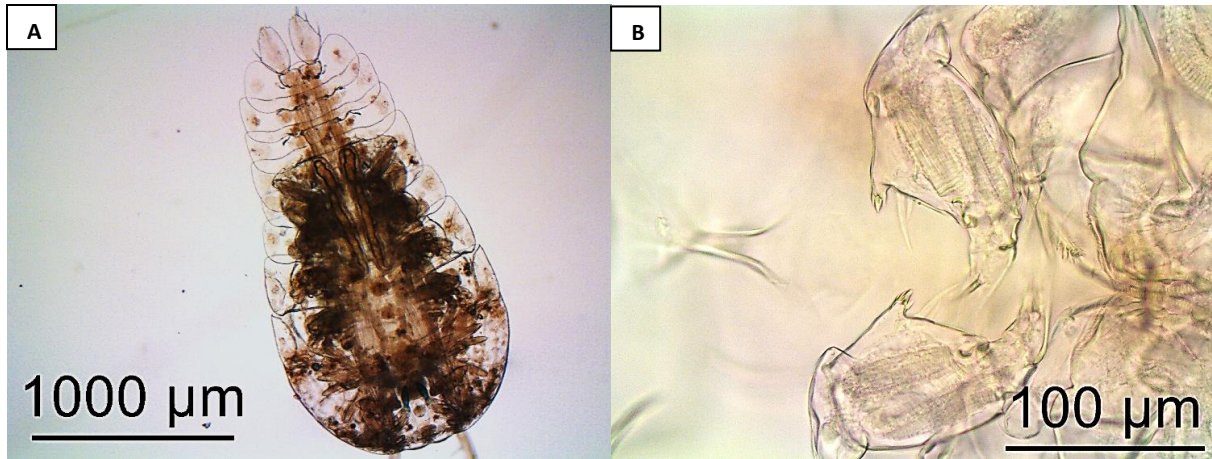


Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) Α2

Sapphirina nigromaculata



Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) Ρ4



Αρσενικό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη, B) ΜΧΡ

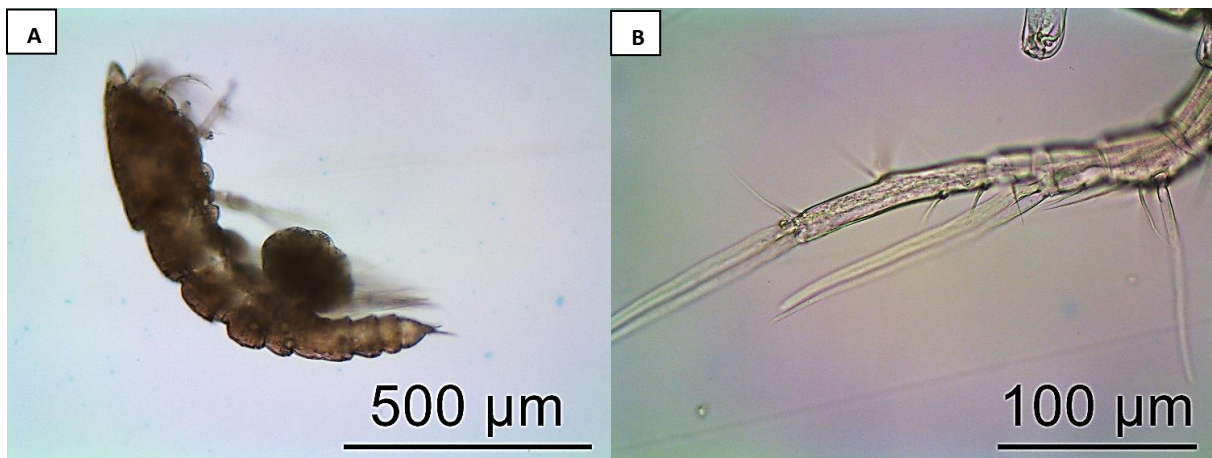
Αρπακτικοειδή

Euterpina acutifrons



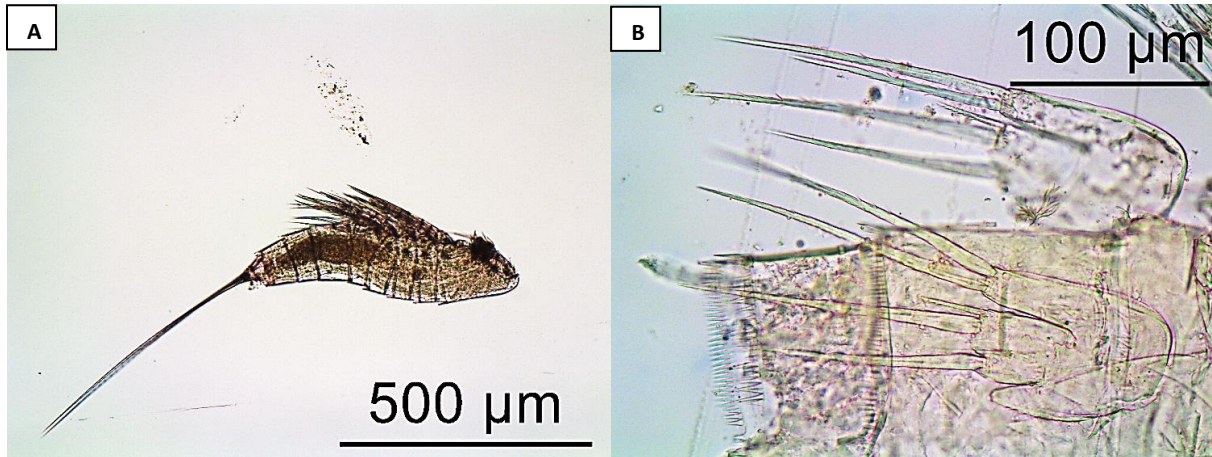
Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη

Goniopsyllus clausi



Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) A2

Microsetella rosea



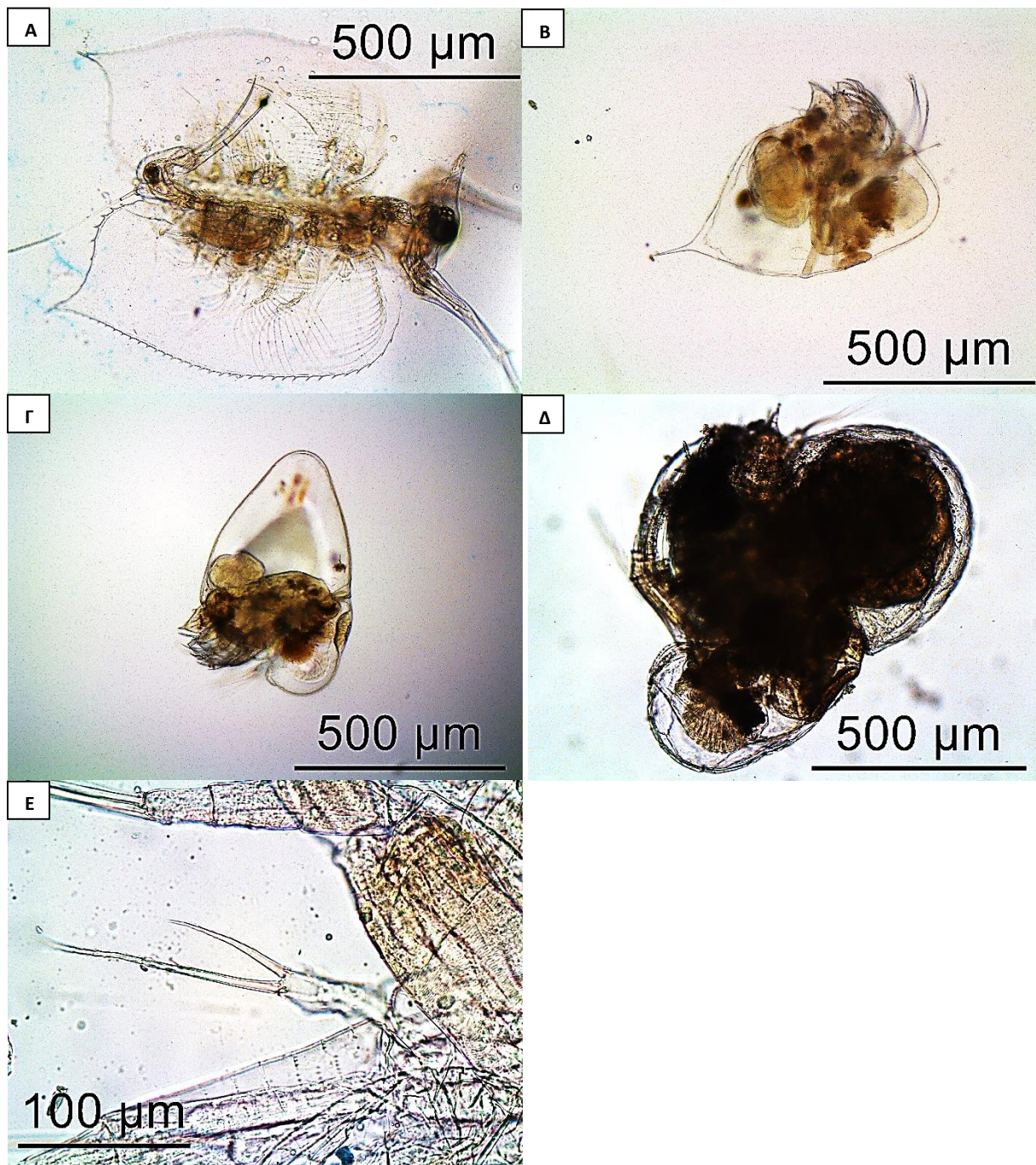
Θηλυκό άτομο, A) Ολόκληρο άτομο, πλάγια όψη, B) P5

Tigriopus sp.



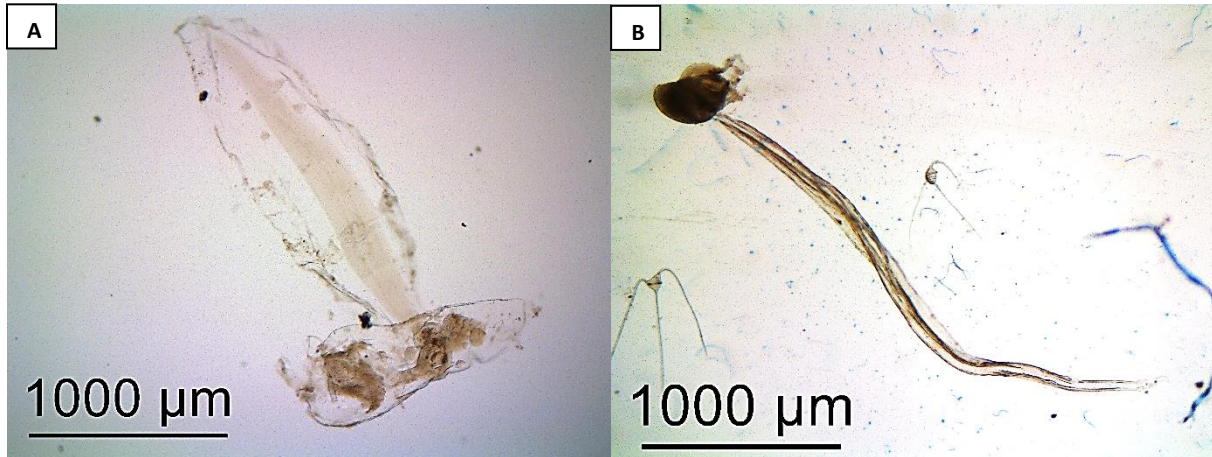
A) Ολόκληρο άτομο, ραχιαία όψη

Κλαδοκερωτά



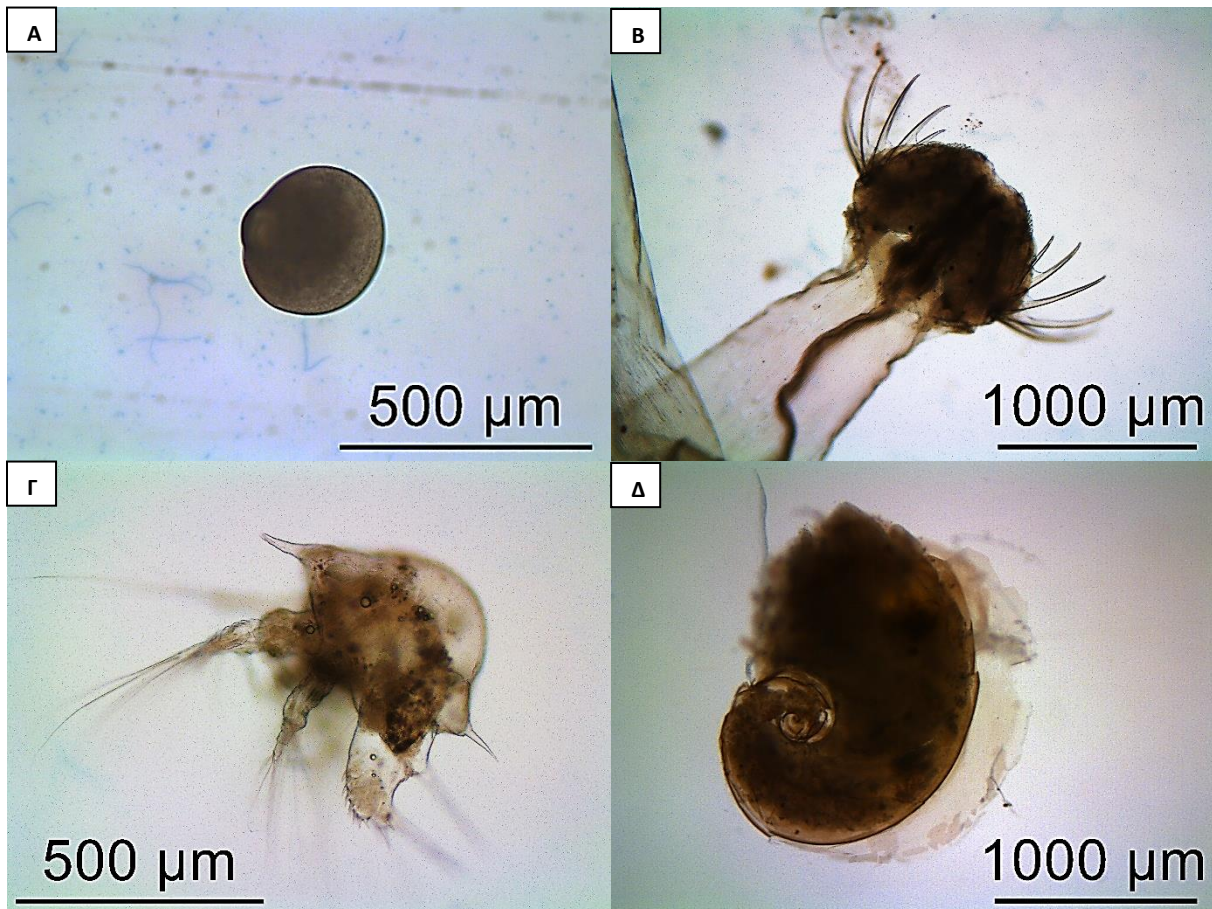
A) *Penilia avirostris*, B) *Evadne spinifera*, Γ) *Pseudoevadne tergestina*, Δ) *Podon intermedius*, E) *Podon intermedius*, εξωποδίτης του πρώτου θωρακικού ποδιού

Κωπηλάτες

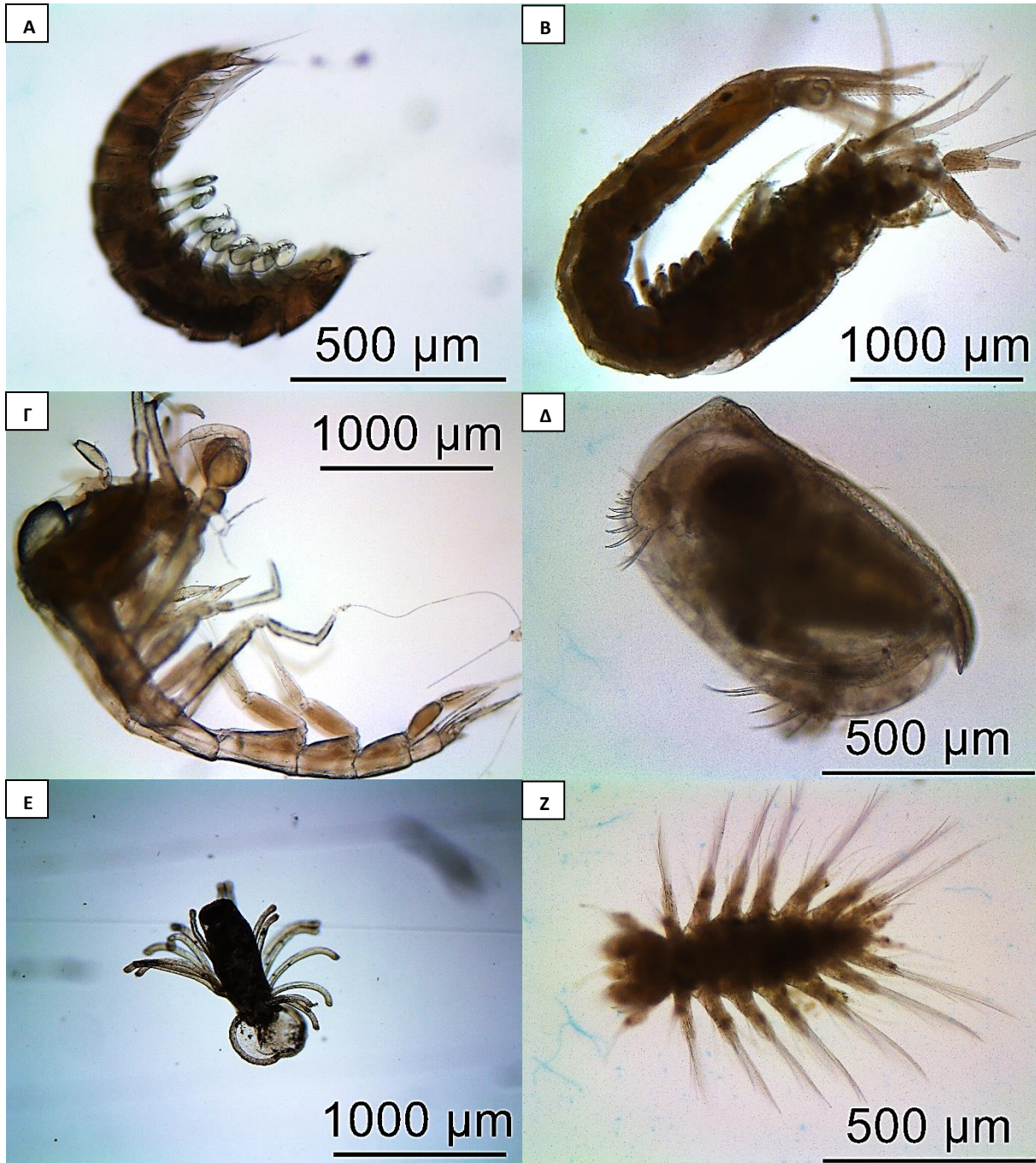


A) *Fritillaria* sp. B) *Oikopleura* sp.

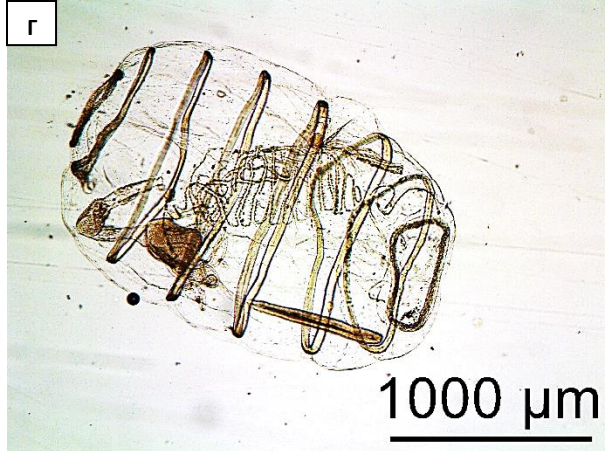
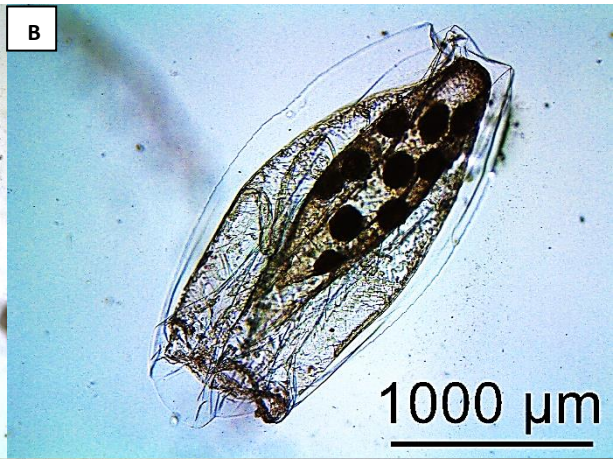
Άλλοι αντιπρόσωποι μεσοζωπλαγκτού



A) Δίθυρο, Β) Χαϊτόγναθο, Γ) Θυσανόποδο, Δ) Γαστερόποδο



A) Ισόποδο, Β) Μυσιδώδες, Γ) Αμφίποδο, Δ) Οατρακώδες, Ε) Φορονοειδές, Ζ) Πολύχαιτος



Α) Πτερόποδο, Β) Σιφωνοφόρο, Γ) Βυτιοειδές, Δ) & Ε) Δεκάποδα