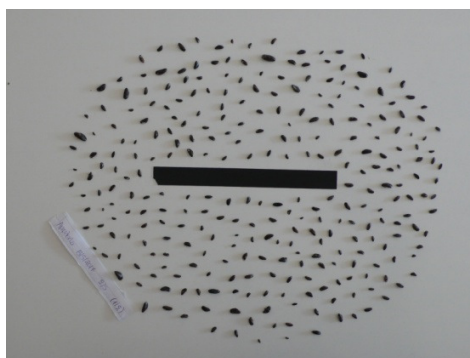


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΑΛΙΕΙΑΣ - ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Θέμα: Μελέτη των μυδιών (*Mytilus* sp.) στον Αμβρακικό Κόλπο



Όνοματεπώνυμο: Θεοδώρου Ευαγγελία

Αριθμός Μητρώου: 11929

Εισηγητής : Ράμφος Αλέξιος

Μεσολόγγι, 2018

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο Αμβρακικός Κόλπος είναι μια ημίκλειστη λεκάνη στην περιοχή της Δυτικής Ελλάδας, με ιδιαίτερα τοπογραφικά, υδρολογικά και βιολογικά χαρακτηριστικά. Στο ανώτερο τμήμα της υποπαρυαλιακής ζώνης και ιδιαίτερα όπου υπάρχει σκληρό υπόστρωμα, η μακροζωοβενθική βιοκοινότητα χαρακτηρίζεται κατά τη θερμή περίοδο (Απρίλιος – Ιούλιος) από την έντονη παρουσία μυδιών τα οποία καλύπτουν σχεδόν όλο το διαθέσιμο υπόστρωμα.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη του πληθυσμού των μυδιών στο βραχώδες υπόστρωμα της ανώτερης υποπαρυαλιακής ζώνης, στο δυτικό τμήμα του Αμβρακικού Κόλπου από τη στιγμή της εγκατάστασης του γόνου (Ανοιξη) έως και την εξαφάνιση της βιοκοινότητας (Ιούλιος).

Κατά την περίοδο Απρίλιος – Ιούλιος 2017, πραγματοποιήθηκαν μηνιαίες δειγματοληψίες μυδιών και εκτιμήθηκε η αφθονία τους στο βραχώδες υπόστρωμα και τα πληθυσμιακά (νοσή βάρος) και βιομετρικά (μήκος κελύφους) χαρακτηριστικά τους.

Τα αποτελέσματα έδειξαν σταδιακή μείωση της αφθονίας των μυδιών (146320 άτομα/ m^2 τον Απρίλιο - 32100 άτομα/ m^2 τον Ιούλιο), αύξηση του μεγέθους των μυδιών (3.6 mm τον Απρίλιο – 9.7 mm τον Ιούλιο) και του μέσου ατομικού βάρους (0.05 g τον Απρίλιο – 0.5 g τον Ιούλιο). Η βιοκοινότητα παρουσίασε μαζική θνησιμότητα λόγω υψηλής θερμοκρασίας, τον Αύγουστο.

ABSTRACT

Amvrakikos Gulf (Ionian Sea, Western Greece) is a semi-enclosed basin with specific topographic, hydrological and biological characteristics. On its upper littoral zone, and especially on hard substrates, the macrozoobenthic community is characterized by the seasonal dominance of mussel spat which cover almost all of the available substrate during the warm season (April – July).

The present study aims to study the mussel population characteristics in the upper littoral zone in the western part of Amvrakikos Gulf during the warm period. Monthly sampling was performed from April 2017 (mussel spat establishment) to July 2017 (mussel disappearance). During this period, the population (abundance, total weight) and biometric (shell length) characteristics were estimated.

During the study period, population abundance showed a decreasing trend (146320 ind/ m^2 in April - 32100 ind/ m^2 in July), shell length (3.6 mm in April – 9.7 mm in July) and individual weight (0.05 g in April – 0.5 g in July) presented an increase. During August, the mussel community disappeared almost entirely due to high temperature.

Περιεχόμενα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1.1 Ο Αμβρακικός κόλπος.....	4
1.2 Τα μύδια.....	7
1.3 Mytilus Edulis.....	7
1.4 Mytilus Galloprovincialis.....	9
1.5 Σύγκριση με άλλα είδη.....	11
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	12
2.1 Εργασία πεδίου.....	12
2.2 Επεξεργασία δειγμάτων.....	14
2.3 Στατιστική ανάλυση.....	17
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	17
3.1 Σύσχέτιση ψηφιακών και χειροκίνητων μετρήσεων.....	18
3.2 Κτανομές μήκους κελύφους.....	20
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	22
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	24

1. Εισαγωγή

Ο Αμβρακικός κόλπος αποτελείται από δύο στρώματα νερού το επιφανειακό και το στρώμα του πάτου διαχωριζόμενα από την πυκνοκλίνη. Το επιφανειακό στρώμα νερού οξυγονώνεται πάρα πολύ καλά ενώ το στρώμα που βρίσκεται η πυκνοκλίνη είναι πάρα πολύ χαμηλό σε περιεκτικότητα οξυγόνου με τοξικό περιβάλλον που εμφανίστηκε τα τελευταία χρόνια λόγω της αυξημένης χρήσης λιπασμάτων και τις υπάρχουσες ιχθυοκαλλιέργειες. Η τοξικότητα αυτή και η ανοξία έχουν επιφέρει τον θάνατο αμέτρητων ψαριών και ειδικά σε υδατοκαλλιέργειες του Κόλπου το 2008. Οι παράκτιες εκβολές του Αμβρακικού Κόλπου αντιθέτως χαρακτηρίζονται από πολύ υψηλή παραγωγικότητα πράγμα πολύ χρήσιμο για την καλλιέργεια πολλών διαφορετικών ειδών ψαριών και οστρακοειδών (*Valiela, 1994*). Δυστυχώς το σημείο αυτό των εκβολών όπου είναι πλούσιο σε παραγωγικότητα λόγω της αυξημένης ποσότητας οξυγόνου είναι και το σημείο που είναι και πιο ευάλωτο σε ρύπανση καθώς η ανθρώπινη δραστηριότητα εμπορική, βιομηχανική και γεωργική και όλα τα απόβλητα και λύματα των δραστηριοτήτων αυτών διοχετεύονται εκεί καθιστώντας τις καλλιέργειες ψαριών, μυδιών και οστρακοειδών εν γένει μολυσμένες αφού δημιουργούν ένα τοξικό περιβάλλον χωρίς οξυγόνο και γενικότερα προκαλούν ανοξικές συνθήκες που τείνουν να καταστρέψουν κάθε είδος ζωής. Το φαινόμενο αυτό δεν έχει εμφανιστεί μόνο στον Αμβρακικό Κόλπο αλλά και σε κάθε θαλάσσια περιοχή που υπάρχουν εμπορικά και βιομηχανικά λύματα καταστρέφοντας την θαλάσσια πανίδα και χλωρίδα¹.

1.1 Ο Αμβρακικός Κόλπος

Στην εν λόγω διπλωματική εργασία θα μας απασχολήσει ο Αμβρακικός Κόλπος καθώς είναι ο μοναδικός στη χώρα μας Κόλπος που έχουν αναπτυχθεί ιδιαίτερος οι γαρίδες αλιείας και οι υδατοκαλλιέργειες εν γένει μυδιών και οστρακοειδών. Ο αμβρακικός χαρακτηρίζεται από ημι-ημερήσια παλίρροια ενώ στο εσωτερικό του υπάρχουν χαμηλά ενεργειακά κύμματα με θετική ισορροπία νερού και υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι (*Friligos and Koussouri, 1997*). Το καλοκαίρι το επιφανειακό

¹ Kehayias G, The environmental state of Amvrakikos Gulf. Comparison with the past, 1-8.

στρώμα νερού έχει περιεκτικότητα σε αλάτι μεταξύ 31 ως 33 ppt ενώ το κάτω στρώμα μεταξύ 37 και 38 ppt. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό του είναι ότι είναι υψηλό σε παραγωγή φυτοπλαγκτού ενώ παρουσιάζει και αυξημένα επίπεδα ευφροφισμού με χαρακτηριστικούς δείκτες όπως των PO₄-P, NH₄-N και NO₃-N περίπου 0,4, 0,45 και 2,2 mg σε l.

Από την άλλη τα στρώματα νερού παρουσιάζουν ανομοιομορφίες αφού το επιφανειακό στρώμα νερού έχει θερμοκρασία 30 βαθμών κελσίου και αλατότητα που κυμαίνεται από 32.5 ως 33 ενώ το κάτω στρώμα νερού έχει θερμοκρασία 16 βαθμών κελσίου και αλατότητα που κυμαίνεται από 37 ως 39. Η θερμοκλίνη αναπτύσσεται μεταξύ 8 και 16 μέτρων βάθους ενώ η halocline αναπτύσσεται μέχρι 12 μέτρα βάθος. Σε έρευνες που έγιναν σχετικά με την αλατότητα και την θερμοκρασία του νερού στον Κόλπο βρέθηκαν τρία διαφορετικά στρώματα ένα επιφανειακό με αλατότητα μεταξύ 16 και 20 ppt, ένα ενδιάμεσο με υψηλά επίπεδα αλατότητας και ένα κατώτερο στρώμα που ξεκινά από τα 14 μέτρα και φθάνει τα 40 μέτρα βάθος και η θερμοκρασία του είναι σχεδόν πάντα σε σταθερά επίπεδα με αλατότητα 37 ppt (Poulos, 1998). Το ενδιάμεσο στρώμα είναι ένα μείγμα του ανώτερου και του κατώτερου στρώματος συδυάζοντας τα γλυκά χαρακτηριστικά του νερού του επιφανειακού στρώματος και την υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι του κατώτερου στρώματος. Το επιφανειακό στρώμα είναι πολύ καλά οξυγονομένο με περιεκτικότητα σε οξυγόνο να φθάνει και τα 9mg ενώ το κατώτερο στρώμα είναι χαμηλό σε περιεκτικότητα οξυγόνου με αποτέλεσμα σύμφωνα με τις έρευνες να παρατηρείται μεγάλος πληθυσμός ψαριών που δεν έχουν σκελετό όπως οι <<τσούχτρες>> και άλλα που δεν κατηγοριοποιούνται στην κατηγορία των ψαριών όπως τα γνωρίζουμε όπως αστερίες και κοράλια να μπορούν να ζήσουν και να επιβιώνουν σε χαμηλά βάθη που δεν έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο και χαρακτηρίζονται από ψηλή αλατότητα ενώ σε βάθη όπου παρατηρείται υψηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο βρίσκονται και παράγονται μεγάλες πληθυσμιακές κοινότητες ψαριών και άλλων θαλάσσιων ειδών (Satoshi, 1988, Sugawara, 1988).

Οι γεωγραφικές συνθήκες του Κόλπου του σχηματίζουν μία στρωματοποιημένη δομή δύο στρωμάτων νερού με υφάλμυρο νερό στην επιφάνεια και αλατούχο νερό κοντά στον πυθμένα. Τα στενά του Κόλπου δείχνουν ότι το επιφανειακό στρώμα διαχωρίζεται από το κάτω στρώμα με μεταξύ τους να είναι αναπτυγμένη μία ζώνη

θερμοκλίνης ή αλλιώς Halocline η οποία αναστέλλει την προς τα κάτω διάχυση του νερού με αποτέλεσμα χαμηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα λιγότερες των 2 mg ενώ στο μέρος που βρίσκεται η πυκνοκλίνη αλλιώς θερμοκλίνη παρατηρούνται ανόξινα όρια που μαρτυρούν μείωση των βιοχημικών εργασιών. Στο σύνολο τα 87.2 τετραγωνικά χιλιόμετρα χαρακτηρίζονται από δυσόξιμες συνθήκες ενώ τα 130.4 τετραγωνικά χιλιόμετρα χαρακτηρίζονται από ανοξικές συνθήκες ενώ το 71.5% του Κόλπου είναι πολύ καλά οξυγονωμένο. Επίσης στον Κόλπο παρατηρείται ένα παχύ στρώμα λάσπης στην επιφάνεια με πάχος ως και 10 cm που δημιουργήθηκε τα τελευταία 20 χρόνια από την αυξημένη χρήση λιπασμάτων αλλά και την χρήση ζωτικών αποθεμάτων πράγμα που σημαίνει ότι άλλαξαν τα επίπεδα δισόξινου και ανοξικού περιβάλλοντος καταστρέφοντας ταυτόχρονα και τις θρεπτικές ουσίες του νερού. Το αποτέλεσμα είναι ότι εξαφανίστηκε πλήρως η βεθνική πανίδα καταστρέφοντας και τον ιστό των τροφίμων στον Αμβρακικό Κόλπο ενώ το ανόξινο περιβάλλον επέτρεψε την κερδοσκοπία την σχετική με τις φυσικές διαδικασίες αφού πλέον δεν μπορούσαν τα ψάρια πλέον να επιβιώσουν από μόνα τους αλλά μόνο σε ελεγχόμενες υδατοκαλλιέργειες. Και πάλι όμως η κατάσταση αυτή συνέχισε να ανεβάζει την θερμοκρασία και την αλατότητα καταστρέφοντας χλωρίδα και πανίδα. Οι επιδράσεις αυτές είχαν ως αποτέλεσμα σύμφωνα με μετρήσεις που έγιναν να αυξηθεί η θερμοκρασία του επιφανειακού στρώματος του νερού σε 16.5 βαθμούς κελσίου από 13 που ήταν τον χειμώνα αλλά και η αλατότητα αυξήθηκε με αποτέλεσμα να φθάσει τιμές όπως 36 ppt ενώ συνήθως ήταν 20. Μπορεί να λεχθεί ότι τρεις είναι οι παράγοντες που το προκάλεσαν αυτό όπως η διείδυση πυκνού θαλάσσιου νερού μέσω των στενών, οι υπερφυσικές ροές του ποταμού και τα εσωτερικά κύματα που εμφανίζονται είτε με τη μορφή εσωτερικών κυμάτων είτε με τη μορφή αποσβεσμένων με την τριβή προοδευτικών κυμάτων. Βάσει των ερευνών που έγιναν στον Κόλπο και των συνθηκών που πλέον επικρατούν πρέπει να ληφθούν επείγοντως μέτρα για την αντιμετώπιση του προβλήματος καθώς κινδυνεύει να αφανιστεί κάθε είδος χλωρίδας και πανίδας στον Κόλπο αφανίζοντας ταυτόχρονα και τις τρεις υδατοκαλλιέργειες που υπάρχουν (Diaz και Rosenberg, 2008).

1.2 Τα μύδια

Ο γόνος των μυδιών αποτελεί ένα σημαντικό στοιχείο των παράκτιων οικοσυστημάτων που ενώνει την υδάτινη στήλη με το βενθικό σύστημα. Κατά την περίοδο της εγκατάστασης, τα νεαρά μύδια εγκαθίστανται στο σκληρό υπόστρωμα με πολύ υψηλή αφθονία. Οι μελέτες των βιοκοινωνιών των μυδιών περιλαμβάνουν, μεταξύ άλλων, εκτίμηση της αφθονίας τους στο υπόστρωμα και μέτρηση των βιομετρικών χαρακτηριστικών των μυδιών όπως το μήκος του κελύφους και το ατομικό βάρος. Η μέτρηση αυτών των χαρακτηριστικών είναι σε πολλές περιπτώσεις επίπονη αφού περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό ατόμων, συνήθως με μικρό μέγεθος. Η παρούσα εργασία στοχεύει στη δημιουργία μιας νέας, πιο γρήγορης μεθόδου για την εκτίμηση αυτών των παραμέτρων μέσω ψηφιακών φωτογραφιών. Η μέθοδος που προτείνεται βασίζεται σε ένα εξειδικευμένο λογισμικό το οποίο πραγματοποιεί αυτόματη αναγνώριση και καταμέτρηση των μυδιών στις ψηφιακές φωτογραφίες καθώς επίσης και εκτίμηση της επιφάνειας του κελύφους των μυδιών. Το μήκος του κελύφους και το βάρος των μυδιών εκτιμήθηκε ακολουθώντας από τις σχέσεις [Επιφάνεια κελύφους – Μήκος κελύφους] και [Επιφάνεια κελύφους – Νωπό βάρος].

1.3 Mytilus edulis

Το *Mytilus edulis* είναι ένα μύδι το οποίο μπορεί να αντέξει στην κατάψυξη αρκετό καιρό έχοντας ανώτατο όριο θερμοκρασίας τους 29 βαθμούς Κελσίου και δεν ευδοκιμούν σε περιβάλλοντα με περιεκτικότητα σε αλάτι χαμηλότερη του 15% αλλά αντέχουν σε ευρείες διακυμάνσεις. Βρίσκεται σε βραχώδη σημεία ενώ η ποικιλία του περιορίζεται από την κίνηση των προνυμφών και των νεαρών.

Περιγραφή και αναπαραγωγή

Περαιτέρω χαρακτηρίζεται από ομαλό άνισο κέλυφος με ομόκεντρες γραμμές ανάπτυξης ενώ το εσωτερικό του κελύφους είναι λευκό, Εσωτερικά ο μανδύας έχει μία ουλή του οπίσθιου προσαγωγέα σημαντικά μεγαλύτερη από αυτήν του πρόσθιου προσαγωγού (Tyler-Walters & Seed, 2006). Ο τρόπος αναπαραγωγής του είδους αυτού ακολουθεί την εξής πορεία: Αφού γονιμοποιηθεί το ωάριο μετατρέπεται σε προνύμφη η οποία αφού περάσει 1.5 μήνας προσκολλάται σε βρυζοζώνες μένοντας μακριά συνήθως από ώριμα μύδια. Μετά από βδομάδες και αφού έχει διπλασιαστεί σε μέγεθος βρίσκει ένα μόνιμο υπόστρωμα στο οποίο και προσκολλάται μόνιμα (Nordsieck, 2006).

Το συγκεκριμένο μύδι αναπαράγεται από τον Απρίλιο ως τον Σεπτέμβριο ανάλογα με τις εξωτερικές θερμοκρασίες που επικρατούν στον περιβάλλοντα χώρο του ενώ οι γόνιμοι του αναπτύσσονται μέχρι τον Νοέμβριο με γαμετογένεση ώστε να είναι ώριμοι μέχρι την άνοιξη. Η μερική ωοτοκία ακολουθείται από ταχεία γαϊδογένεση με τους γόνιμους να ωριμάζουν μέχρι τις αρχές του καλοκαιριού με απότοκο μία δευτερογενή ωοτοκία στα τέλη Σεπτεμβρίου. Η δευτερογενής αυτή ωοτοκία είναι περιστασιακή ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τα διαθέσιμα τρόφιμα ενώ μπορούν να παραχθούν μέχρι και 40 εκατομύρια αυγά. Η ανάπτυξη των προνυμφών αναπτύσσεται σε λιγότερο από 20 μέρες και γίνεται σε θερμοκρασίες μέχρι και 10 βαθμών Κελσίου (Nordsieck 2006).

Θηρευτές και προσδόκιμο ζωής

Η διάρκεια ζωής του εν λόγω μυδιού διαφοροποιείται ανάλογα με το που έχει προσκολληθεί, αφού όταν είναι προσκολλημένο σε παράκτιες περιοχές όπου μπορεί να είναι και πιο ευάλωτο σε θηρευτές μειώνεται κατά πολύ η οποιαδήποτε πιθανότητα επιβίωσής τους, όπως επίσης και σημαντικό ρόλο στη διάρκεια ζωής του διαδραματίζουν η ποιότητα και η σταθερότητα του υποστρώματός τους. Τα μύδια που βρίσκονται σε παράκτιες περιοχές μπορούν να παρουσιάσουν ως και 98 % θνησιμότητα αφού είναι από παντού εκτεθειμένα (Seed 2006). Τα μπλέ μύδια είναι εφοδιασμένα με στατοκύστη που τα βοηθά στον προσανατολισμό και χημειοποδοχείς για να μπορούν να εντοπίζουν την απελευθέρωση των γαμετών ενώ έτσι αποφεύγουν να εγκαθίστανται σε υποστρώματα κοντά σε ώριμα μπλέ μύδια (Ινστιτούτο Διαχείρισης Διατήρησης, 2001).

Διατροφή

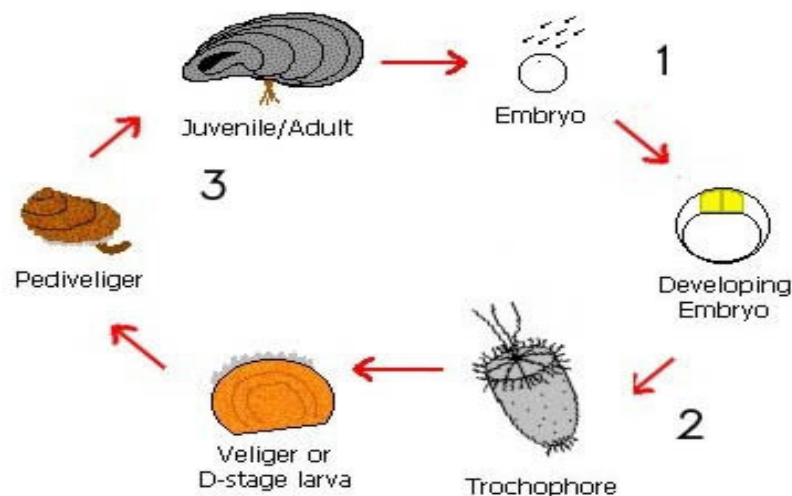
Η διατροφή τους ποικίλλει αφού τρέφονται με φυτοπλαγκτόν, διφωσφογέλη, διατόμια, ζωοπόρους και άλλα πρωτόζωα και μονοκύτταρα φύκια, ενώ θεωρούνται σαρωτές αφού διαθέτουν φίλτρα αιωρήματος συλλέγοντας οτιδήποτε αιωρείται στο νερό και που μπορούν να το καταναλώσουν. Συναντώνται συνήθως σε κρεβάτια μυδιών όπου και λόγω του μεγάλου αριθμού τους προστατεύονται κατά κάποιο τρόπο από την καταστροφή τους. Κάποιοι ναπό τους θηρευτές του εν λόγω μυδιού περιμένουν να ανοίξει τις βαλβίδες του ώστε να αναπνεύσει και τότε είναι πιο ευάλωτο σε οποιαδήποτε επίθεση (Παγκόσμιο Σύστημα Πληροφοριών Αλιείας, 2006).

1.4 *Mytilus Galloprovincialis*

Το μύδι αυτό είναι μεσογειακού τύπου και προέρχεται από την Αδριατική θάλασσα και έχει εξαπλωθεί σε πολλές άλλες περιοχές ανά την υφήλιο και εμφανίζεται στην εσωτερική ζώνη των βραχωδών ακτών όπου παρατηρείται υψηλή ενέργεια κυμάτων αλλά και σε αμμώδεις λασπώδεις πυθμένες υφάλμυρων νερών (*Ceccherelli and Rossi 1984*). Είναι σκούρο μπλέ ή μερικές φορές πλήρως μαύρο και το κέλυφός του είναι τετράγωνο όπου στη μία του πλευρά το χείλος είναι αιχμηρό και στην άλλη είναι πιο στρογγυλεμένο (ομάδα Ειδικών Ειδών IUCN / SSC). Συνήθως έχει μήκος 15 cm και μοιάζει πολύ σαν είδος και μορφολογικά με το *Mytilus Edulis* και το *Mytilus Trossulus* (*Suchanek 1997*).

Αναπαραγωγή και ποικιλία

Blue Mussel (Mytilus edulis) Life Cycle



Εικόνα 1. Κύκλος ζωής μυδιού

Αναπαράγεται με ωοτοκία που προκαλείται από την θερμοκρασία του εξωτερικού του περιβάλλοντος και την διαθεσιμότητα τροφίμων ενώ ο κύκλος παραγωγής του ποικίλλει ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες. Στην Ισπανία για παράδειγμα έχει παρατηρηθεί ωοτοκία με δύο κορυφές από την άνοιξη μέχρι και τις αρχές του καλοκαιριού. Οι απειλές που καθιστούν ευάλωτο το είδος αυτό του μυδιού είναι οι

υψηλές θερμοκρασίες που απαντώνται στα ζεστά νερά των ωκεανών παρουσιάζοντας μεγάλο ποσοστό θνησιμότητας όταν οι θερμοκρασίες αγγίζουν τους 27.5 βαθμούς κελσίου αφού σε τέτοιες θερμοκρασίες τα μύδια αυτά παρουσιάζουν μειωμένους ρυθμούς διήθησης και ικανότητα τροφοδότησης πράγμα που υπάρχει συνήθως σε υδατοκαλλιέργειες. Όταν σε τέτοιες περιπτώσεις οι υδατοκαλλιέργειες του είδους αυτού έχουν χαμηλές θερμοκρασίες και φροντίζουν να τις διατηρούν χαμηλές ώστε να αναπαράγονται και πιο γρήγορα. Βέβαια στον Αμβρακικό κόλπο οι αυξημένες εκβολές βιομηχανικών λυμάτων και γεωργικών αποβλήτων ανεβάζει την θερμοκρασία αλλά και τον ευτροφισμό έχοντας θανάσιμα αποτελέσματα. Στη βορειοδυτική Ισπανία η θερμοκρασία των νερών κυμαίνεται από 10 μέχρι 20 βαθμούς κελσίου με αλατότητα 34‰ και υπάρχει μία συνεχής ανοδική πορεία ανοδικού νερού όταν το νερό είναι μονίμως κρύο γεμάτα θρεπτικά συστατικά αφού τα νερά που εισέρχονται στην θάλασσα προέρχονται από τους τριγύρω λόφους δημιουργώντας αφθονία σε φυτοπλαγκτόν που είναι βασική τροφή για το είδος του εν λόγω μυδιού. Τα μύδια αυτά απαντώνται σε στα στόμια των όρμων και των νησιών και σε βραχώδεις ακτές σε μεγάλα κρεβάτια μυδιών φθάνοντας πυκνότητες όπως 24.000 μύδια το τετραγωνικό μέτρο. Ένας αδένας που εκκρίνουν τους επιτρέπει την προσκόλλησή τους στα υποστρώματα και διαθέτουν βράγχια που αποτελούνται από δύο πλατιές πλάκες νημάτων που τα βοηθά να φιλτράρουν την διαθέσιμη τροφή στο περιβάλλον τους. Το κέλυφός τους εσωτερικά εκκρίνει γαμέτες που τους βοηθούν στην αναπαραγωγή παράγοντας εκατομμύρια αυγά κάθε φορά τις λεγόμενες προνύμφες που μετατρέπονται εν συνεχεία σε veliger και φθάνουν τοπ μήκος των 0.25 mm . Η εκτροφή τους είναι εκτεταμένη παγκοσμίως και γίνεται πάνω σε σχοινιά που καλύπτονται με σπόρους μυδιού και αποτελεί την πιο εύκολη και γρήγορη μέθοδο καλλιέργειάς τους ατουςμπορεί να γίνει και στα ανοιχτά. Στη Γαλικία καλλιεργείται σε σεδίες και το μέγεθός του ποικίλλει φθάνοντας μέχρι και τα 0.28mm. Στην καλλιέργειά τους χρησιμοποιούνται πλωτήρες από ξύλο ή πολυεστέρα και όταν χρησιμοποιείται κεντρικός πλωτήρας η καλλιέργειά τους μπορεί να φθάσει το 80% ενώ όταν χρησιμοποιούνται τέσσερις πλωτήρες μπορεί να φθάσει και το 90%. Το 1946 ο αριθμός των μυδοκαλλιεργειών ήταν μικρός και σταδιακά έφθασε τις 400 και σήμερα που υπάρχουν οι ανοιχτές βάρκες μεγάλου σκέλους

μπορούν να καλλιεργηθούν εύκολα και 9 τόνοι(*Fisheries and aquaculture department, 1819*).

Διατροφή

Περαιτέρω το εν λόγω μύδι διαθέτει φίλτρα με τα οποία αντλεί νερό και φιλτράρει την τροφή που υπάρχει γύρω του αφού η τροφή συσσωρεύεται στα ελάσματα διατλήρησης και καταλήγουν στο στομάχι του μυδιού. Μελέτες έδειξαν ότι το μύδι αυτό αποκτά μεγάλες ποσότητες αζώτου και άνθρακα από τα φύκια που υπάρχουν στις υποστρωματικές κλίνες αλλά επίσης λαμβάνει με τον ίδιο τρόπο και 40% του φυτοπλαγκτού που αποτελεί και την απαραίτητη τροφή του (*A.Tonin*). Ακόμα το μύδι αυτό αναπτύσσεται με ραγδαίους ρυθμούς καθώς υπό κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες μπορεί να φθάσει τα 0.70 mm ενώ η ανάπτυξή τους ευνοείται ακόμα περισσότερο όταν βρίσκονται εκτεθειμένα στα κύμματα (*Picker & Griffiths 2011*). Ακόμα και η αναπαραγωγή των προνυμφών ευνοείται όταν βρεθεί σε αυξημένη ροή κρύου νερού ενώ καθίσταται εξαιρετικά δυσχερής η προσκόλλησή τους κάπου όταν βρεθούν σε ιδιαίτερα αντίξοες συνθήκες(*Branch & Steffani 2004*). Τα μύδια αυτά είναι γονοκορικοί σταθμοί αναπαραγωγής οι οποίοι όταν φθάσουν κάποιο επίπεδο σεξουαλικής ωριμότητας αναπαράγονται περισσότερες από μία φορές το χρόνο η οποία αν εκφραστεί σε μάζα σώματος υπερβαίνει το 120% (*Van erkom 1991*). Σε σχέση με άλλα είδη μυδιών εμφανίζει πολύ μεγάλη αντοχή στις κλιματικές αλλαγές που το καθιστά αρκετά επιθετικό ως είδος στην Νότια Αφική ενώ αξιοσημείωτος είναι ο ρυθμός ανάπτυξής του σε διάφορες θερμοκρασίες και η αντίστασή του στην αποξήρανση. Σε θερμοκρασίες όμως άνω των 24 βαθμών κελσίου εμφανίζει 100% θνησιμότητα ενώ δεν είναι ακόμα γνωστό το ελάχιστο όριο θερμοκρασίας στην οποία μπορεί το είδος αυτό να επιβιώσει αφού στην νότια αφρική η θερμοκρασία μπορεί να πέσει στους 7 βαθμούς κελσίου κατά την περίοδο ανοδικής κατανάλωσης και αυτό ακόμα επιβιώνει. Βέβαια οι θερμοκρασίες στις οποίες σημείωσε ραγδαίους ρυθμούς ανάπτυξης ήταν αυτές μεταξύ 10 μέχρι 20 βαθμών κελσίου (*Erkom 1992*). Σε έρευνες που έγιναν τα μύδια του είδους αυτού τέθηκαν σε παλίρροια για 42 βδομάδες και εκτέθηκαν στον ήλιο για 7 ημέρες και επιβίωσε το 92% αυτών ενώ άλλα όπως τα *Perna perna* επιβίωσε μόνο ένα ποσοστό 78% (*Branch & Steffani 2004*). Αναφορικά με

τη συμβατότητα αυτού του είδους ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες μετά από έρευνα που έγινε βρέθηκε ότι στη δυτική ακτή αντέχει θερμοκρασίες μέχρι και 18 βαθμών κελσίου στη νότια μέχρι 2 βαθμούς κελσίου και στην ανατολική το μέγιστο μέχρι 27 βαθμούς κελσίου. Αν ληφθεί όμως υπόψιν το ότι η καλλιέργειά του και η παραγωγή του ευδοκούν σε θερμοκρασίες από 10 ως 20 βαθμούς κελσίου μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό ότι έχει αναπτυχθεί ερισσότερο στο νοτιοδυτικό ακρωτήριο ονόματι Namaqua (*Picker & Griffiths* 2011).

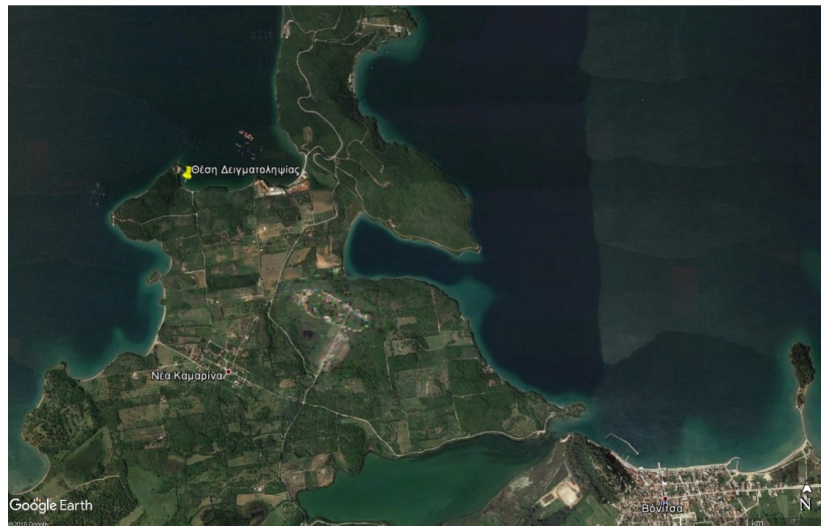
1.5 Σύγκριση με άλλα είδη

Στα πλεονεκτήματα αυτού του είδους μπορούν να συμπεριληφθούν το ότι μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα του νερού με την αφαίρεση του αζώτου από το νερό, μετατρέπει τις θρεπτικές ουσίες σε προσιτή μορφή και φιλτράρει τις τοξίνες και τα μικρόβια από το υδάτινο περιβάλλον. Επίσης οι εγκαταστάσεις υδατοκαλλιέργειας του είδους αυτού έχει αποτελέσει καταφύγιο για πολλά είδη ψαριών αλλά και άλλων καρκινοειδών και μαλακίων (*Shumway* 2003). Τα αποτελέσματα της εγκατάστασής του στις βραχώδεις ακτές έχουν βοηθήσει κατά πολύ το οικοσύστημα ενώ εμφανίζει πολύ μεγαλύτερη γονιμότητα και ρυθμούς ανάπτυξης σε σχέση με άλλα γηγενή μύδια. Επίσης το γεγονός ότι έχει ολύ μεγαλύτερη βιομάζα εμφανίζοντας πολλαπλά στρώματα σε σχέση με τα εγχώρια μύδια που εμφανίζονται με μεμονωμένα στρώματα έχει αυξηθεί κατά πολύ η πυκνότητά του αλλά μειώθηκε ο βιότοπος για ανταγωνιστικά κατώτερα είδη (*Stenton-Dozey et al.* 2001).

2. Μεθοδολογία

2.1. Εργασία πεδίου

Οι δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν στο πεδίο στις 9/4/2017 – 29/7/2017 στην ευρύτερη περιοχή της Βόνιτσας (Εικόνα 2) στο ανώτερο τμήμα της υποπαραλιακής ζώνης (0-30cm). Επιλέχθηκε μια ζώνη μήκους περίπου 100m με βραχώδες υπόστρωμα. Στην περιοχή πραγματοποιήθηκαν μηνιαίες δειγματοληψίες κατά την περίοδο Απρίλιος 2018 – Ιούλιος 2018 (Πίνακας 1).





Εικόνα 2. Περιοχή δειγματοληψίας στον Αμβρακικό Κόλπο (επάνω) και ζώνη δειγματοληψίας (κάτω). Η κόκκινη γραμμή δείχνει τη ζώνη του βραχώδους υποστρώματος όπου συλλέχθηκαν τα δείγματα.

Πίνακας 1. μηνιαίες δειγματοληψίες κατά την περίοδο Απρίλιος 2018 – Ιούλιος 2018

Ημερομηνία	Περιοχή	Δείγμα (replicate)	Φωτογραφίες
13/5/2017	Βόνιτσα	1	ΝΑΙ
13/5/2017	Βόνιτσα	2	ΝΑΙ
24/6/2017	Βόνιτσα	1	ΝΑΙ
24/6/2017	Βόνιτσα	2	ΝΑΙ
29/7/2017	Βόνιτσα	1	ΝΑΙ
29/7/2017	Βόνιτσα	2	ΝΑΙ

Η συλλογή των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με την τοποθέτηση ενός τετράγωνου πλαισίου διαστάσεων 10x10cm επάνω στο υπόστρωμα σε πέντε θέσεις. Σε κάθε θέση, τα δείγματα μυδιών αποκολλήθηκαν από το βραχώδες υπόστρωμα με μαχαίρι, με προσοχή ώστε να μην θρυμματίζεται, όσο το δυνατόν, το κέλυφος τους. Έπειτα, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ξεχωριστά δοχεία σε διάλυμα φορμαλδεΐδης 4% για τη συντήρησή τους μέχρι την επεξεργασία τους στο εργαστήριο.

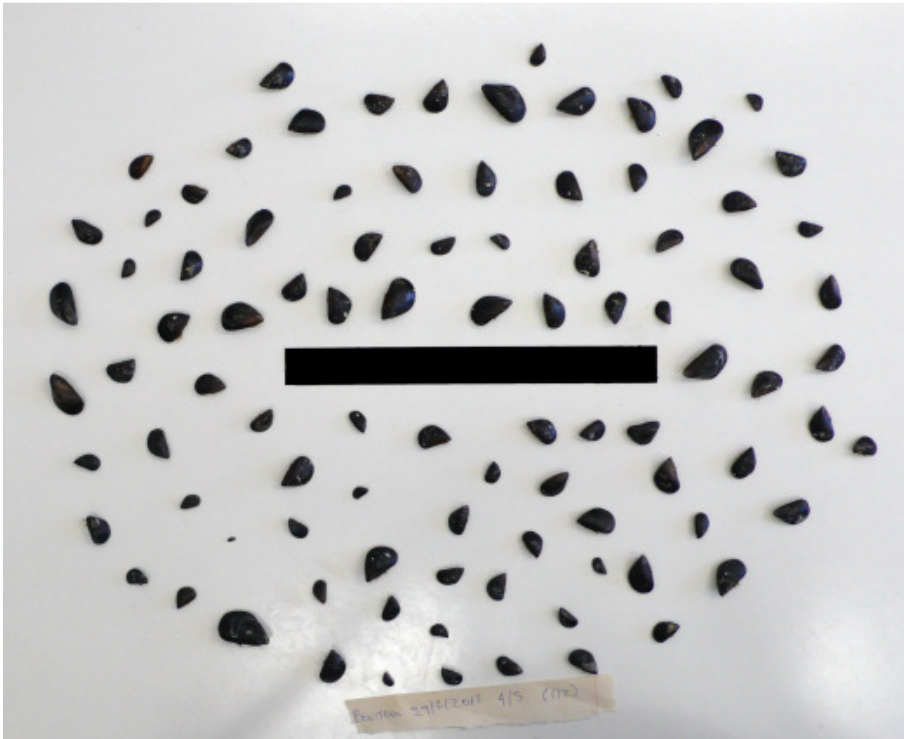
2.2. Επεξεργασία δειγμάτων

Η επεξεργασία των δειγμάτων έγινε στο εργαστήριο όπου πραγματοποιήθηκε η διαλογή των ατόμων και ο καθαρισμός τους από επιφυτικούς και ζωικούς οργανισμούς. Επιλέχθηκαν μόνο ακέραια άτομα μυδιών χωρίς εμφανή ίχνη

τραυματισμών. Έπειτα έγινε η μέτρηση του συνολικού νεπού βάρους κάθε δείγματος χρησιμοποιώντας ζυγαριά ακριβείας (ακρίβεια 0.1g).

Ακολούθως, πραγματοποιήθηκε η φωτογράφιση των ατόμων κάθε δείγματος με σκοπό την καταμέτρηση των ατόμων και την εξαγωγή των μορφομετρικών παραμέτρων τους (επιφάνεια κελύφους) από τις ψηφιακές φωτογραφίες. Η διαδικασία φωτογράφισης και επεξεργασίας των φωτογραφιών περιλαμβάνει τα ακόλουθα βήματα:

1. Τοποθετήθηκε η κάμερα στο τρίποδο, ρυθμίστηκε ώστε να σχηματίζει ορθή γωνία με το ταμπλό ταυτόχρονα με αποτέλεσμα η κλίμακα να είναι ευθεία τοποθετημένη ως προς τον οριζόντιο άξονα της φωτογραφίας. Τοποθέτηση των μυδιών κάθε δείγματος σε ένα λευκό ταμπλό στο οποίο υπάρχει μια μαύρη κλίμακα διαστάσεων 20 x 2cm (Εικόνα 3) (Ramfos et al., 2012) . Φωτογράφιση του ταμπλό με ψηφιακή φωτογραφική μηχανή (Nikon D5000) τοποθετημένη κάθετα στο ταμπλό με τη χρήση τριπόδου. (τα άτομα των μυδιών τοποθετήθηκαν γύρο από την κλίμακα, προσέχοντας να μην ακουμπάνε σε αυτή, αλλά ούτε και μεταξύ τους δίνοντας προσοχή στο φωτισμό έτσι ώστε να μην δημιουργούνται σκιές.)
2. Επεξεργασία των φωτογραφιών με εξειδικευμένο λογισμικό σύμφωνα με τη μεθοδολογία που περιγράφεται από τους Ramfos et al. (2012).
3. Έλεγχος των αποτελεσμάτων που εξήγαγε το λογισμικό σε μορφή φύλλου εργασίας.

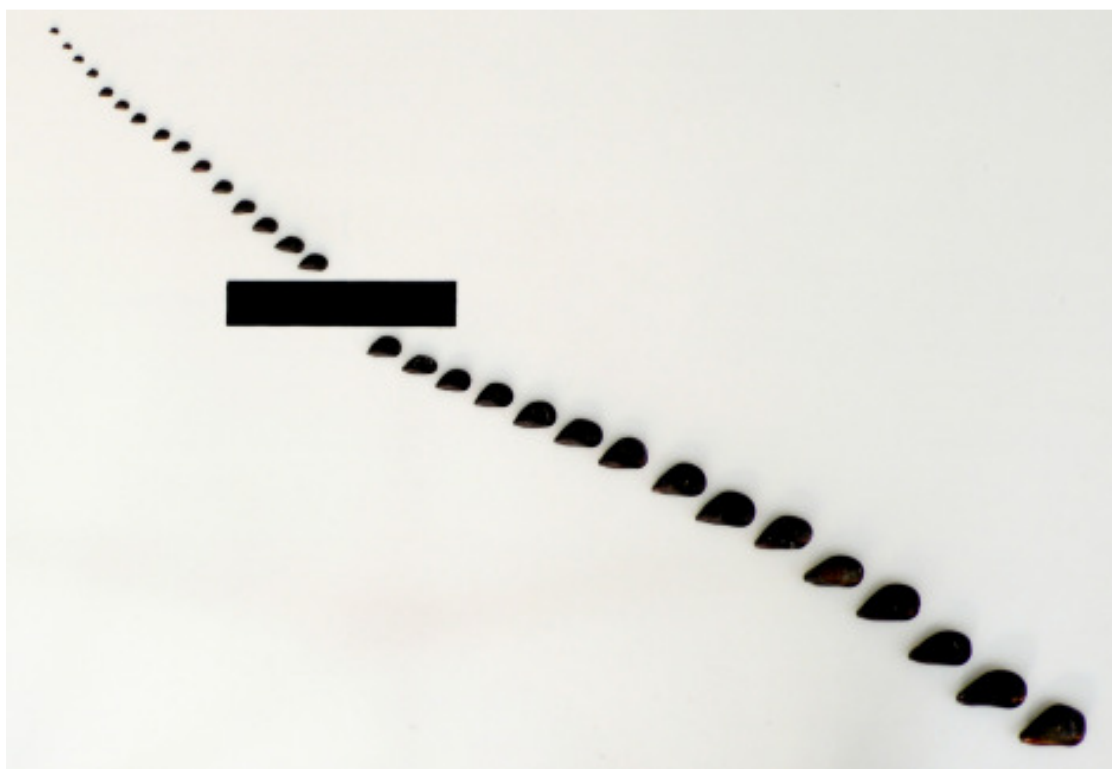


Εικόνα 3. Παράδειγμα φωτογραφίας δείγματος μυδιών τοποθετημένων στο λευκό ταμπλό.

Για τη μετατροπή των αποτελεσμάτων του λογισμικού (επιφάνεια κελύφους) σε μήκος κελύφους και ατομικό ολικό νωπό βάρος των ατόμων χρησιμοποιήθηκαν πρότυπες καμπύλες οι οποίες δίνουν τις σχέσεις μεταξύ των παραμέτρων αυτών:

- Μήκος κελύφους – Επιφάνεια κελύφους
- Ολικό νωπό βάρος – Επιφάνεια κελύφους

Για τη δημιουργία των πρότυπων καμπύλων για τις παραπάνω σχέσεις πραγματοποιήθηκε διαλογή 120 ατόμων από όλα τα δείγματα έτσι ώστε να καλύπτεται όλο το εύρος μεγέθους των μυδιών κατά τη δειγματοληπτική περίοδο. Στα 120 επιλεγμένα άτομα, μετρήθηκε το ατομικό βάρος ένα προς ένα σε ζυγό ακριβείας (0.001g). Έπειτα τα άτομα τοποθετήθηκαν στο ταμπλό έτσι ώστε ο μεγάλος άξονας του κελύφους (ολικό μήκος κελύφους) να είναι παράλληλος στην κλίμακα του ταμπλό (Εικόνα 4). Τα άτομα φωτογραφήθηκαν και οι φωτογραφίες αναλύθηκαν από το λογισμικό ώστε να συσχετισθούν οι μετρήσεις της επιφάνειας κελύφους με το μήκος και το ατομικό βάρος.



Εικόνα 4. Μύδια τοποθετημένα στο λευκό ταμπλό για την εκτίμηση του μήκους και της επιφάνειας του κελύφους από το λογισμικό.

Για τις συσχετίσεις μεταξύ των βιομετρικών παραμέτρων που μετρήθηκαν στα δείγματα χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Microsoft® Excel v.2007.

Χρησιμοποιώντας τις σχέσεις που προέκυψαν, πραγματοποιήθηκε η μετατροπή της επιφάνειας κελύφους σε ολικό μήκος και ατομικό βάρος σε όλα τα δείγματα που συλλέχθηκαν κατά τη δειγματοληπτική περίοδο.

Πίνακας 2. Εξαγωγή αποτελεσμάτων στο Excel για κάθε αντικείμενο όπως εντοπίστηκε και μετρήθηκε από το λογισμικό. ObjNo: Αριθμός αντικειμένου, Surface_mm²: Επιφάνεια μυδιού σε mm², Rect_X_mm: μήκος παραλληλογράμμου που περιβάλλει το αντικείμενο, Rect_Y_mm: πλάτος παραλληλογράμμου που περιβάλλει το αντικείμενο

ObjNo	Surface_mm2	Rect_X_mm	Rect_Y_mm	
1		4,0	1,6	1,3
2		5,0	2,0	2,6
3		6,0	2,3	2,6
4		6,0	2,3	1,9
5		8,0	2,6	2,6
6		8,0	2,6	3,2
7		9,0	2,6	3,2

8	11,0	3,0	3,2
9	11,0	3,3	3,2
10	13,0	3,6	4,5
11	15,0	3,6	4,5

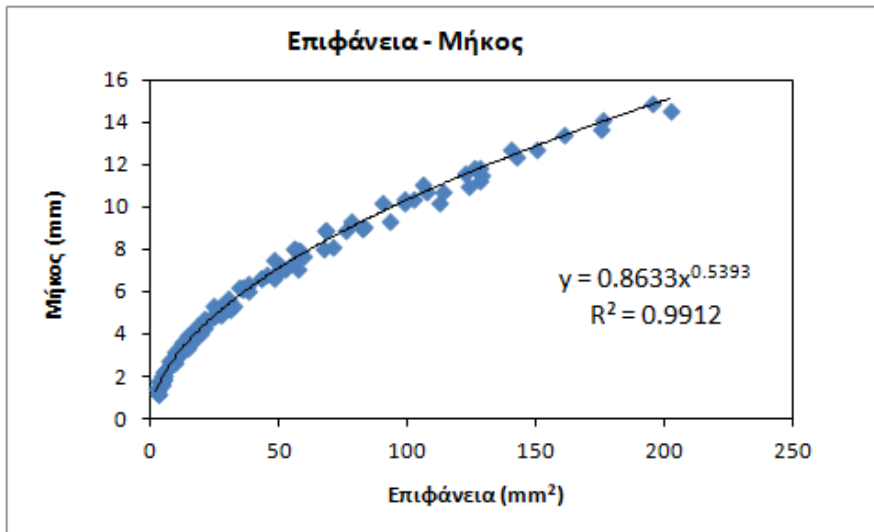
2.3 Στατιστική ανάλυση

Για τις συσχετίσεις που υλοποιήθηκαν μεταξύ των παραμέτρων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Microsoft Excel v 2007. Επειδή οι σχέσεις μεταξύ των διαφορετικών παραμέτρων δεν ήταν γραμμικές, χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση της μορφής $Y=aX^b$.

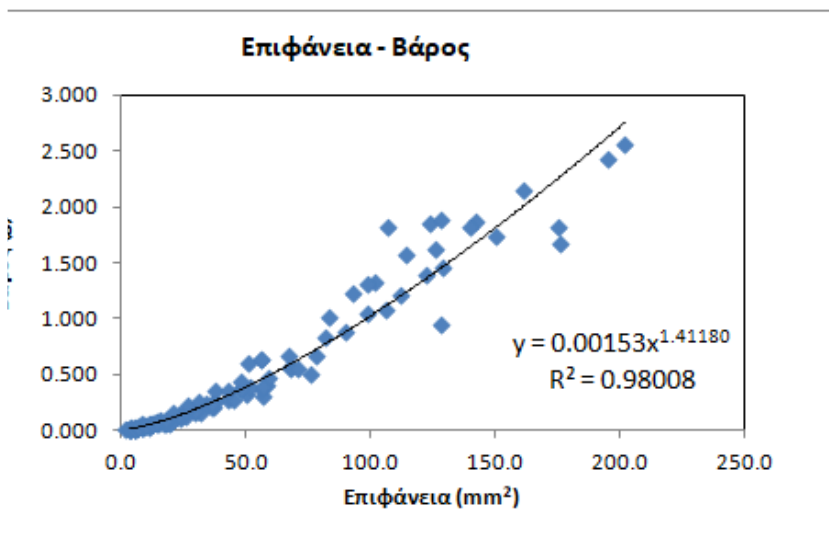
3. Αποτελέσματα

3.1 Συσχέτιση ψηφιακών και χειροκίνητων μετρήσεων.

Οι ψηφιακές μετρήσεις που παρήχθησαν από το λογισμικό (μήκος κελύφους, επιφάνεια κελύφους) καθώς και η χειροκίνητη μέτρηση του νωπού βάρους, χρησιμοποιήθηκαν για να εξαχθούν οι εξισώσεις που περιγράφουν τις μεταξύ τους συσχετίσεις (Εικόνες 5 & 6). Η συσχέτιση μεταξύ της επιφάνειας κελύφους και του μήκους κελύφους περιγράφηκε από εκθετική εξίσωση $[\text{Μήκος κελύφους}] = 0.8633 \cdot [\text{Επιφάνεια κελύφους}]^{0.5393}$, με πολύ ισχυρή συσχέτιση ($R^2=0.991$). Αντίστοιχα, η επιφάνεια του κελύφους συσχετίστηκε με το ατομικό βάρος των μυδιών με σχέση ίδιας μορφής και εξίσου ισχυρή συσχέτιση ($R^2=0.980$).



Εικόνα 5. Συσχέτιση μήκους κελύφους σε σχέση με την επιφάνεια κελύφους των μυδιών για όλα τα δείγματα (μήνες: Απρίλιος, Μάιος, Ιούνιος & Ιούλιος) στον Αμβρακικό κόλπο



Εικόνα 6. Συσχέτιση νοπού βάρους από χειροκίνητες μετρήσεις σε σχέση με την επιφάνεια κελύφους των μυδιών για όλα τα δείγματα (μήνες: Απρίλιος, Μάιος, Ιούνιος & Ιούλιος) στον Αμβρακικό κόλπο

Η μέση αφθονία των μυδιών ανά τετραγωνικό μέτρο του υποστρώματος βρέθηκε υψηλότερη στην αρχή της δειγματοληπτικής περιόδου (Απρίλιος) και ίση περίπου με 146000 άτομα/m² (Πίνακας 3). Κατά τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου, η μέση αφθονία παρουσίασε σταδιακή μείωση και βρέθηκε με ελάχιστη τιμή το μήνα Ιούλιο (32100 άτομα/m²) (Πίνακας 3). Το μέσο βάρος των ατόμων ανά τετραγωνικό μέτρο παρουσίασε αύξηση από τον Απρίλιο έως τον Ιούνιο ενώ παρέμεινε σταθερό τον μήνα Ιούλιο. Η ελάχιστη τιμή του μέσου βάρους της βιοκοινωνίας παρατηρήθηκε τον Απρίλιο (7426g ± 2297g) και η μέγιστη τον Ιούνιο (16261g ± 4871g). Αντίστοιχα, το μέσο ατομικό βάρος εμφάνισε συνεχόμενη αύξηση κατά τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου και συγκεκριμένα αυξήθηκε από 0,054±0,008g το μήνα Απρίλιο σε 0,50±0,13g τον Ιούλιο. Παράλληλα το μέσο μήκος του κελύφους των ατόμων παρουσίασε αύξηση από τον Απρίλιο (3.64±1.74mm) έως τον Ιούλιο (9.69±3.57mm) (Πίνακας 3). Από τα στοιχεία αυτά, προκύπτει πως κατά τη διάρκεια των 111 ημερών της δειγματοληπτικής περιόδου, ο μέσος ρυθμός αύξησης του μήκους κελύφους των μυδιών ήταν 0.051mm/ημέρα και ο ειδικός ρυθμός αύξησης (SGR%) ήταν 1.56%.

Μετά το μήνα Ιούλιο, παρατηρήθηκε μαζικός θάνατος των μυδιών στην περιοχή, πιθανώς λόγω υψηλών θερμοκρασιών στο νερό.

Πίνακας 3: Μέση τιμή, ελάχιστη και μέγιστη τιμή, ελάχιστο-μέγιστο μήκος, τυπική απόκλιση για το μήκος και τυπική απόκλιση για το μέσο βάρος, την αφθονία και το μέσο ατομικό βάρος των μυδιών που συλλέχθηκαν στον Αμβρακικό Κόλπο κατά την περίοδο Απρίλιο – Ιούλιο 2018.

Τιμές	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος
Μέσο Βάρος (g/m ²)	7426	13496	16261,4	15200
Ελάχ. Βάρος (g/m ²)	4834	11290	9275	13110
Μέγ. Βάρος (g/m ²)	10560	16970	22940	16720
Τυπ. απόκλιση Βάρος (g/m ²)	2296,8	2379,2	4870,7	1631,7
Μέση Αφθονία (ατ./m ²)	146320	103900	51260	32100
Ελάχιστη Αφθονία (ατ./m ²)	81900	73100	37300	22100
Μέγιστη Αφθονία (ατ./m ²)	250000	122800	63100	44900
Τυπ. απόκλιση Αφθονία (ατ./m ²)	69669,4	23340,4	10069,1	9650,6
Μέσο Μήκος Κελύφους (mm)	3,64	5,54	8,15	9,29

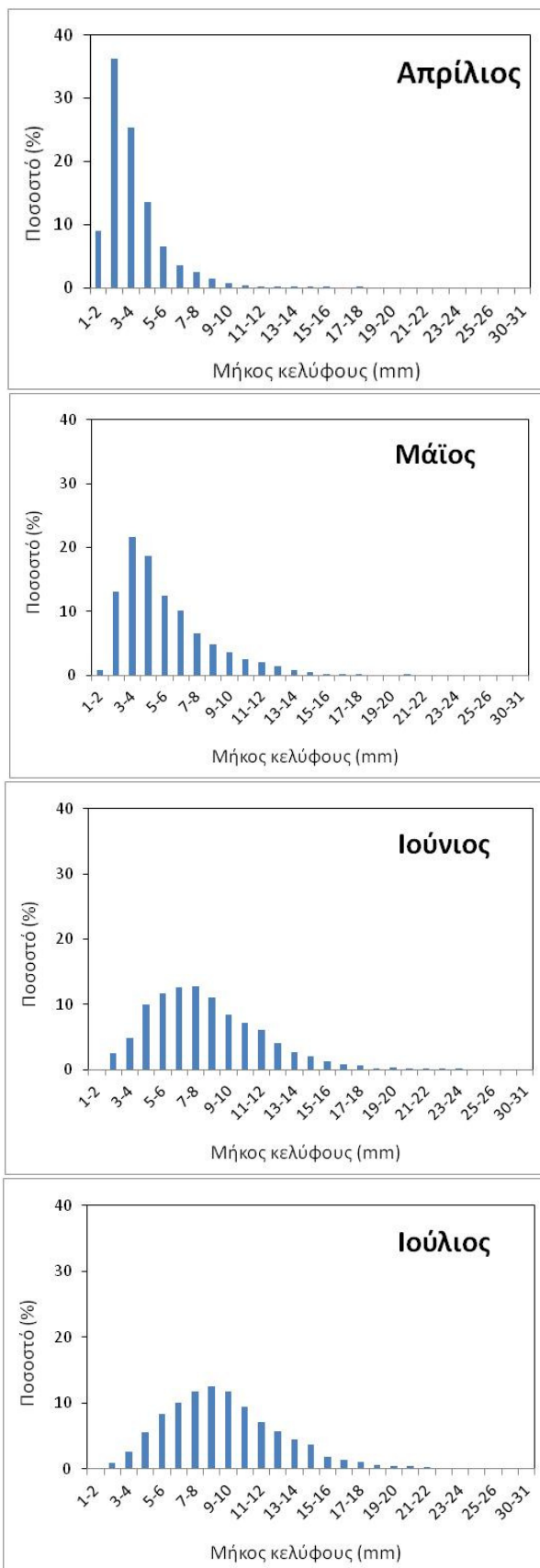
Τυπ. απόκλιση Μήκος Κελύφους (mm)	1,74	2,71	3,33	3,57
Ελάχιστο Μήκος Κελύφους (mm)	1,25	1,56	2,05	1,56
Μέγιστο Μήκος Κελύφους (mm)	17,29	20,69	23,70	30,55
Μέσο ατομικό βάρος (g)	0,054	0,13	0,31	0,50
Ελάχιστο ατομικό βάρος (g)	0,042	0,093	0,25	0,36
Μέγιστο ατομικό βάρος (g)	0,061	0,181	0,36	0,65
Τυπ. απόκλιση ατομικό βάρος (g)	0,008	0,03	0,04	0,13

3.2 Κατανομές μήκους κελύφους

Στον Πίνακα 4 και στην Εικόνα 7 παρουσιάζονται οι κατανομές του μεγέθους των μυδιών (μήκος κελύφους) για κάθε μήνα κατά τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου. Κατά το μήνα Απρίλιο το εύρος του μήκους κελύφους κυμάνθηκε από 1 – 15mm με επικρατούσα τιμή την κλάση μήκους [2-3mm] και διάμεσο στην κλάση [3-4mm]. Μέχρι το μήνα Ιούλιο, όλα τα χαρακτηριστικά των κατανομών παρουσίασαν αυξητική τάση με το εύρος του μήκους κελύφους να κυμαίνεται από 1 – 31mm, την επικρατούσα τιμή στην κλάση μήκους [8-9mm] και τη διάμεσο στην κλάση [8-9mm].

Πίνακας 4: Κατανομή ατόμων μυδιών (%) ανά κλάση μήκους κελύφους στον Αμβρακικό Κόλπο κατά την περίοδο Απρίλιος – Ιούλιος 2018. Με κίτρινο παρουσιάζεται η επικρατούσα τιμή και με έντονα νούμερα η διάμεσος των κατανομών.

Μήκος Κελύφους (mm)	Απρίλιος (N=7316)	Μάιος (N=5195)	Ιούνιος (N=2563)	Ιούλιος (N=1605)
1-2	9,1	0,8	0,0	0,1
2-3	36,3	13,1	2,5	0,9
3-4	25,3	21,6	4,8	2,7
4-5	13,5	18,6	10,1	5,5
5-6	6,6	12,6	11,7	8,3
6-7	3,6	10,2	12,7	10,0
7-8	2,5	6,5	12,7	11,7
8-9	1,4	4,9	11,0	12,6
9-10	0,8	3,7	8,5	11,7
10-11	0,5	2,5	7,2	9,5
11-12	0,2	2,0	6,1	7,1
12-13	0,1	1,5	4,1	5,7
13-14	0,0	0,8	2,7	4,5
14-15	0,1	0,6	2,1	3,6
15-16	0,0	0,2	1,3	1,9
16-17	0,0	0,2	0,8	1,3
17-18	0,0	0,1	0,7	1,0
18-19	0,0	0,0	0,2	0,6
19-20	0,0	0,0	0,3	0,4
20-21	0,0	0,0	0,1	0,4
21-22	0,0	0,0	0,2	0,2
22-23	0,0	0,0	0,1	0,1
23-24	0,0	0,0	0,0	0,0
24-25	0,0	0,0	0,0	0,1
25-26	0,0	0,0	0,0	0,1
27-28	0,0	0,0	0,0	0,1
30-31	0,0	0,0	0,0	0,1



Εικόνα 7: Κατανομές του μήκους κελύφους των μυδιών στον Αμβρακικό Κόλπο κατά την περίοδο Απρίλιος – Ιούλιος 2018.

4. Συζήτηση - Συμπεράσματα

Τα μύδια είναι διηθηματοφάγοι οργανισμοί με ιδιαίτερα υψηλό ρυθμό φιλτραρίσματος φυτοπλαγκτικών κυττάρων και σωματιδιακού υλικού από την υδάτινη στήλη. Λόγω της ιδιότητας τους αυτής θεωρούνται σε πολλές περιοχές του πλανήτη ως «είδη-κλειδιά» (keystone species) και οι πληθυσμοί τους μελετώνται συστηματικά από την φάση της εγκατάστασης. Η μελέτη των πληθυσμών του γόνου των μυδιών στην παράκτια ζώνη αποτελεί μια επίπονη διαδικασία και βασίζεται σε δειγματοληπτική συλλογή του γόνου από το υπόστρωμα, καταμέτρηση των ατόμων κάθε δείγματος και μέτρηση του μήκους του κελύφους σε ένα υποσύνολο των ατόμων του δείγματος με σκοπό τη δημιουργία κατανομών μήκους του πληθυσμού τους (Ardizzone *et al.*, 1996; Bologna *et al.*, 2005).

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας επιβεβαίωσαν ότι η επιφάνεια του κελύφους του μυδιού μπορεί να χρησιμοποιηθεί αξιόπιστα για την εκτίμηση του μήκους κελύφους των μυδιών *Mytilus* SP. όπως αναφέρεται και από τον Αλεξανδρίδη (2018). Η επιφάνεια του κελύφους του μυδιού είναι ένα μέγεθος το οποίο μπορεί να μετρηθεί εύκολα από ψηφιακές εικόνες εξοικονομώντας με αυτό τον τρόπο πολύτιμο χρόνο σε μελέτες που απαιτούν μεγάλο αριθμό δειγμάτων και περιλαμβάνουν μικρά σε μέγεθος άτομα τα οποία είναι σχετικά δύσκολο να μετρηθούν με ακρίβεια.

Κατά τη δειγματοληπτική περίοδο, η τα χαρακτηριστικά της βιοκοινωνίας των μυδιών στην περιοχή μελέτης μεταβλήθηκαν. Η συνολική αφθονία των μυδιών μειώθηκε σχεδόν κατά 5 φορές από τον Απρίλιο έως τον Ιούλιο. Κατά την αρχή της δειγματοληπτικής περιόδου, ο πληθυσμός των μυδιών που εγκαταστάθηκαν στο υπόστρωμα ήταν ιδιαίτερα υψηλός (146.000 άτομα/m²). Αντίστοιχη αφθονία κατά τη στιγμή της εγκατάστασης έχει παρατηρηθεί και σε άλλες περιοχές (Bologna *et al.*, 2005; Cockrell *et al.*, 2015). Από τη στιγμή της εγκατάστασης και έπειτα, η αφθονία των μυδιών παρουσιάζει σταδιακή μείωση. Η μείωση αυτή οφείλεται κυρίως στη φυσική θνησιμότητα των ατόμων λόγω ανταγωνισμού αλλά και στη θηρευτική πίεση. Μεταξύ των σημαντικότερων θηρευτών των μυδιών αναφέρονται οι αστερίες, κάποια είδη γαστερόποδων (π.χ. οι πορφύρες *Hexaplex* sp.), τα καβούρια (π.χ. *Callinectes Sapidus*) (Cockrell *et al.*, 2015). Αν και στην παρούσα μελέτη δεν πραγματοποιήθηκε καταγραφή των θηρευτών, κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών παρατηρήθηκαν

αρκετά άτομα καβουριών και πορφύρων ανάμεσα στα μύδια, τα οποία σε κάποιο βαθμό, συμβάλλουν στη συνολική θνησιμότητα του πληθυσμού των μυδιών.

Παράλληλα με τη μείωση της αφθονίας των μυδιών, παρατηρήθηκε αύξηση του ατομικού μήκους και βάρους των μυδιών που έχουν επιβιώσει. Ο ρυθμός αύξησης του μεγέθους των μυδιών που παρατηρήθηκε στην παρούσα μελέτη (0.051mm/ημέρα) είναι παραπλήσιος με αντίστοιχες μετρήσεις σε άλλες περιοχές (*Bergstrom et al.*, 2015).

Η εγκατάσταση των μυδιών στο ανώτερο τμήμα της υποπαραλιακής ζώνης φαίνεται να είναι ένα ετήσιο φαινόμενο με διάρκεια 4-5 μήνες (Απρίλιος – Ιούλιος). Μετά τα μέσα του καλοκαιριού οι πληθυσμοί των μυδιών σχεδόν εξαφανίζονται από το ανώτερο τμήμα της ζώνης λόγω των υψηλών θερμοκρασιών. Κάποιοι μεμονωμένοι πληθυσμοί εντοπίστηκαν στο βραχώδες υπόστρωμα καθώς και σε εγκαταστάσεις ιχθυοκαλλιέργειας, αν και είναι βέβαιο ότι υπάρχουν πληθυσμοί και σε μεγαλύτερα βάθη (μεταξύ 2 και 10m) όπου το υπόστρωμα επιτρέπει την εγκατάστασή τους. Τα μύδια είναι διηθηματοφάγοι οργανισμοί με ιδιαίτερα υψηλό ρυθμό φιλτραρίσματος φυτοπλαγκτικών κυττάρων και σωματιδιακού υλικού από την υδάτινη στήλη. Αν και ο ρυθμός φιλτραρίσματος των μικρών μυδιών είναι περιορισμένος, όταν συνδυάζεται με τόσο υψηλή αφθονία μπορεί να συμβάλλει σημαντικά στη λειτουργία του συστήματος (*Bologna et al.*, 2005).

Σύμφωνα με την δομή του πληθυσμού τους κατά την περίοδο μελέτης (>30.000 άτ./m² & μέσο μήκος κελύφους 12.3mm) και την ικανότητα φιλτραρίσματος από πειραματικά δεδομένα (*Filgueira et al.*, 2008), μπορεί να εκτιμηθεί, ότι η βιοκοινωνία των μυδιών στον Αμβρακικό Κόλπο μπορεί δυνητικά να φιλτράρει σημαντικό όγκο νερού (>2.0m³ νερού/m² επιφάνειας υποστρώματος σε μια ώρα). Ακόμη και αν θεωρηθεί ότι στη φύση αυτός ο ρυθμός είναι πολύ χαμηλότερος (λόγω θήρευσης, κυματισμού, παλίρροιας κλπ), είναι φανερό ότι η βιοκοινωνία των μυδιών κατέχει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο στη λειτουργία του οικοσυστήματος μεταφέροντας σημαντικές ποσότητες οργανικού υλικού από τη στήλη στον πυθμένα μέσω των περιττωμάτων.

5. Βιβλιογραφία

A

Αλεξανδρίδης Μ. (2018). Εκτίμηση βιομετρικών παραμέτρων σε μύδια (*Mytilus* sp.) από ψηφιακές φωτογραφίες, Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας – Υδατοκαλλιεργειών, ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, 28: 1-28.

Ardizzone G.G., Belluscio A., Gravina M.F., Somaschini A. (1996). Colonization and Disappearance of *Mytilus galloprovincialis* Lam. on an Artificial Habitat in the Mediterranean Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 43: 665–676.

B

Bologna P.A.X., Fetzer M.L., McDonell S., Moody E.M. (2005). Assessing the potential benthic–pelagic coupling in episodic blue mussel (*Mytilus edulis*) settlement events within eelgrass (*Zostera marina*) communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 316: 117–131.

Branch G.M. & Stephani, C.M. (2004), Spatial Comparisons of populations of an indigenous limpet *Scutellastra argenvillei* and an alien mussel *Mytilus Galloprovincialis* along a gradient of wave energy, <http://www.nisc.co.za/oneAbstract?absId=993>.

C

Cockrell M.L., Bernhardt J.R., Leslie H.M., Recruitment, abundance and predation on the blue mussel (*Mytilus edulis*) on northeastern estuarine rocky shores, *Ecosphere*, 12: 1-24.

Ceccherelli & Rossi (1984), Attachment and settlement of post-larval mussels in the Schleswig-Holstein Wadden Sea, Volume 36, 241: 239-250.

D

Diaz, Rosenberg, Υποξικά και ανοξικά περιβάλλοντα, (2008), 33: 245-303.

F

Ferentinos G., Fjord water circulation patterns and dysoxic/anoxic conditions in a Mediterranean semi-enclosed embayment in the Amvrakikos Gulf, Greece, 476: 473-481.

Filgueira R., Labarta U. & Fernandez-Reiriz M.J. (2008). Effect of condition index on allometric relationships of clearance rate in *Mytilus galloprovincialis*. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 43(2): 391–398.

Friligos L., & Kousouri E., Λιμνολογική Ιχθυολογική και Αλιευτική. Ματαράγκας (6717), 178: 1-423.

Fisheries and aquaculture department,(1819), *Mytilus Galloprovincialis*, Lanmark, http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mytilus_galloprovincialis/en .

I

Ινστιτούτο Διαχείρισης Διατήρησης (2001), Υδάτινα Οικοσυστήματα, Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, 301: 1-500.

K

Κουντούρα Κ, Ζαχαρίας Ι, Η περιβαλλοντική κατάσταση του Αμβρακικού Κόλπου, Τμήμα Διαχείρισης Περιβαλλοντικών και Φυσικών Πόρων, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 8: 1-11.

Κεχαγιάς, Μεσογειακή Θάλασσα επιστήμη, Ερευνητικό άρθρο, 9: 1-17.

Kehayias G., APOSPORIS M., Zooplankton variation in relation to hydrology in an enclosed hypoxic bay, 11: 1-15.

Kountoura K., Temporal and spatial distribution of hypoxic/seasonal anoxic zone in Amvrakikos Gulf, Western Greece, 4: 1-6.

Kehayias G, The environmental state of Amvrakikos Gulf. Comparison with the past, 6: 1-8.

N

Nordsieck R., Lesser fresh water mussels, The living world of Molluscs, http://www.molluscs.at/bivalvia/index.html?bivalvia/lesser_mussels.html .

Π

Παγκόσμιο σύστημα ληροφοριών Αλιείας, (2006), Ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου διαχειριστικού συστήματος για την υποστήριξη της βιωσιμότητας των αλιευτικών πόρων της Ελλάδας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 213: 1-442.

P

Picker & Griffiths, (2011), Mediterranean mussel, South African national biodiversity institute, <https://www.sanbi.org/animal-of-the-week/mediterranean-mussel/> .

R

Ramfos A., Gazis A., Katselis G. (2012). Development and evaluation of an automated digital image analysis software for obtaining seagrass leaf metrics. Botanica Marina, 55(6): 601–610.

S

*Satoshi Y., & Sugawara Y., (1988). Induced triploidy in the mussel, *Mytilus edulis* by temperature shock. Volume 72, Department of fishery science, Faculty of Agriculture, Tohoku University, 23: 21-29.*

Suchanek, (1997), Mussels and their role in structuring rocky shore communities, 71: 1-96.

Shumway S.E. (2003), Mussels and public health, [https://www.researchgate.net/publication/262728772 Mussels and Public Health](https://www.researchgate.net/publication/262728772_Mussels_and_Public_Health) > .

Stenton-Dozey et al (2001), Impact of mussel raft-culture on benthic macrofauna in situ oxygen uptake and nutrient fluxes in Saldanha Bay, [https://www.researchgate.net/publication/237175309 Impact of mussel Mytilus galloprovincialis raft-culture on benthic macrofauna in situ oxygen uptake and nutrient fluxes in Saldanha Bay South Africa.](https://www.researchgate.net/publication/237175309_Impact_of_mussel_Mytilus_galloprovincialis_raft-culture_on_benthic_macrofauna_in_situ_oxygen_uptake_and_nutrient_fluxes_in_Saldanha_Bay_South_Africa)

V

Valiela M. A. I. (1994). Incorporation of organic aggregates by marine mussels. Springer-Verlag, 121: 259-265.

Van erkomC., A comparison of reproductive cycles and reproductive output in four southern African mussel species, volume 76: 123-134.

W

Walters T, & Seed,R. (2006), The Marine Life Information Network, University of Michigan, Fisheries global information system, <http://www.marlin.ac.uk/species/Mytilusedulis.htm> .

