



639.42
ΦΑΣ

7542

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ
ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ ΣΕ ΣΥΜΠΡΑΞΗ
ΜΕ ΤΟ ΤΕΙ ΗΠΕΙΡΟΥ

Δυναμική του γόνου του εκτρεφόμενου μυδιού
***Mytilus galloprovincialis*, Lamarck, 1819**
στον ΒΔ κόλπο Θεσσαλονίκης

Φασούλας Θεόδωρος

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

- 1. Δρ. Γαληνού – Μητσούδη Σοφία, Αν. Καθηγήτρια Α.Τ.Ε.Ι. Θεσ/νίκης**
- 2. Δρ. Κλαδάς Ιωάννης, Καθηγητής Τ.Ε.Ι. ΗΠΕΙΡΟΥ**
- 3. Περδικάρης Κων/νος, Ιχθυολόγος**

Καρδίτσα, 2008



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 7541/1

Ημερ. Εισ.: 10-09-2009

Δωρεά: _____

Ταξιθετικός Κωδικός: Δ

639.42

ΦΑΣ



**UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF HEALTH SCIENCES
FACULTY OF VETERINARY MEDICINE**

**THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
OF THE FACULTY OF VETERINARY MEDICINE
OF THE UNIVERSITY OF THESSALY
IN COLLABORATION WITH
TECHNOLOGICAL EDUCATIONAL INSTITUTE OF EPIRUS**

**Spat dynamic pattern of cultured mussel
Mytilus galloprovincialis, Lamarck, 1819
in NW Gulf of Thessaloniki**

Theodoros A. Fasoulas

THREE MEMBERS OF ADVISOR COMMITTEE

- 1. Dr. Galinou- Mitsoudi Sofia Associate Professor, A.T.E.I. Thessaloniki**
- 2. Dr. Kladas Ioannis, Professor, T.E.I. Epirus**
- 3. Perdikaris Costas, Ichthyologist**

Karditsa 2008

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διατριβή εστιάζεται στη μελέτη της δυναμικής του γόνου του Μεσογειακού μυδιού *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck 1819), που προέρχεται από πλωτές μονάδες στην περιοχή μυδοκαλλιέργειας στον ΒΔ κόλπο Θεσσαλονίκης.

Οι κόλποι Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού αποτελούν τις πιο σημαντικές θαλάσσιες περιοχές της Ελλάδας για την ανάπτυξη της μυδοκαλλιέργειας. Μεγάλα τμήματα των κόλπων αυτών εντάσσονται στις υγροτοπικές περιοχές που προστατεύονται από την εθνική/κοινοτική νομοθεσία (NATURA 2000, Συνθήκη Ramsar). Στους δυο αυτούς κόλπους φιλοξενούνται οι περισσότερες μονάδες μυδοκαλλιεργειών που αποτελούν και τη μεγαλύτερη πηγή παραγωγής καλλιεργούμενων μυδιών της Ελλάδας. Η εργασία αυτή πραγματοποιείται για πρώτη φορά στην περιοχή και σκοπεύει να δώσει στοιχεία για την ποσότητα και τη δυναμική του γόνου μυδιού.

Η “αιφόρος” ανάπτυξη των μυδοκαλλιεργειών είναι ευθέως εξαρτώμενη από τη συνεχή τροφοδοσία και την διαθεσιμότητα του γόνου.

Στην Εισαγωγή, γίνεται ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας. Στο πρώτο τμήμα περιγράφεται η φυσιολογία και οικολογία του μυδιού. Στο δεύτερο τμήμα περιγράφονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την αφθονία, διασπορά, επιβίωση του γόνου του μυδιού. Στο τρίτο τμήμα περιγράφονται τα συστήματα εκτροφής, οι περιοχές και η παραγωγή παγκόσμια και στην Ελλάδα. Τέλος, στο τέταρτο τμήμα περιγράφεται η περιοχή μελέτης.

Στο κεφάλαιο ‘Υλικά και Μέθοδοι’ περιγράφεται το πειραματικό πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε, οι τεχνικές που εφαρμόστηκαν για την εκτίμηση της δυναμικής της εγκατάστασης του γόνου και γενικά η μεθοδολογία επεξεργασίας των δεδομένων. Η μελέτη περιελάμβανε δεκαπενθήμερες μετρήσεις και δειγματοληψίες από τρεις σταθμούς-μονάδες κατά την περίοδο Φεβρουάριος 2006-Μάρτιος 2007. Επιλέχθηκαν δύο σταθμοί δειγματοληψίας στα άκρα των μονάδων μυδοκαλλιέργειας κι ένας στο κέντρο, εσωτερικά των μονάδων. Σε κάθε δειγματοληψία εκτός του βιολογικού υλικού (γόνος), γινόταν και μετρήσεις θερμοκρασίας, αλατότητας, διαύγειας του νερού, υδροδυναμισμού και φυτοπλακτού. Καταγραφόταν μετεωρολογικά και διαχειριστικά στοιχεία και πραγματοποιούνταν κάθετες σύρσεις με δίχτυ 100 και 200 μm , για τη συλλογή νυμφών μυδιού.

Ο γόνος συλλεγόταν από δύο αρμαθιές μυδιών, και από δύο βάθη, σε κάθε μονάδα-σταθμό. Στο εργαστήριο ο γόνος χωρίστηκε σε τέσσερις κλάσεις μεγεθών με τη βοήθεια κόσκινων κοκκομετρίας 1,0-1,4-2,0-4,0 mm που αντιστοιχούν σε μέσο μήκος γόνου 2, 3, 8 και 16 mm και η πυκνότητα καταμετρήθηκε ξεχωριστά.

Στα κεφάλαιο 'Αποτελέσματα' και 'Συζήτηση' γίνεται εκτίμηση των φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων, τα οποία αφού αναλύθηκαν, συσχετίστηκαν μεταξύ τους και με αντίστοιχες παλαιότερες μελέτες και την συμμετοχή τους στην δυναμική του γόνου. Εξετάστηκε η θερμοκρασία του νερού σε σχέση με την θερμοκρασία του αέρα στην περιοχή για όλη τη διάρκεια της μελέτης, οι άνεμοι και τα ρεύματα, ο υδροδυναμισμός και ο σχετικός υδροδυναμισμός μεταξύ των μονάδων, οι βροχοπτώσεις και οι εισροές των ποταμών σε σχέση με τη διαύγεια και την αλατότητα, το διαλυμένο οξυγόνο, η χλωροφύλλη-α και έγινε σύγκριση με προηγούμενες χρονιές.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι από ένα συνολικό δείγμα των 178.000 ατόμων γόνου μυδιού που συλλέχθηκε και καταμετρήθηκε, το μεγαλύτερο ποσοστό προήλθε από τον ακραίο νότιο σταθμό, ακολουθούσε ο εσωτερικός σταθμός στο κέντρο των μονάδων μυδοκαλλιέργειας, με τελευταίο τον ακραίο ΒΑνατολικό σταθμό. Το ποσοστό του γόνου σχετίζεται με την κατεύθυνση των ρευμάτων σε συνάρτηση με την ύπαρξη άλλων μονάδων στην πορεία τους.

Ο περισσότερος γόνος (2/3) εγκαθίσταται σε βάθη 4 m από την επιφάνεια της θάλασσας από ότι στα 7 m. Η εγκατάσταση του γόνου αρχίζει τον Μάρτιο με μέγιστο εγκατάστασης τον Μάιο και διαρκεί μέχρι τον Ιούλιο. Μάλιστα, η μικρή κλάση μεγέθους του γόνου έχει δύο παρουσίες, τον Μάρτιο και τον Μάιο, με μέγιστο τον Μάιο. Σύμφωνα με την πρώτη αυτή εμφάνιση του γόνου (Μάρτιο), θα πρέπει οι παραγωγοί να εγκαταστήσουν τους συλλεκτές τους. Η μεγαλύτερη κλάση μεγέθους, αυτή που ενδιαφέρει κυρίως τους παραγωγούς εμφανίζεται από τον Απρίλιο και διαρκεί έως και τον Ιούλιο, με μεγάλες ποσότητες τον Μάιο. Μεγάλου μεγέθους γόνος υπάρχει όλο το έτος αλλά σε ελάχιστους αριθμούς, σε σχέση με την κύρια περίοδο εγκατάστασης.

ABSTRACT

The present thesis focuses on the study of spat dynamics and settlement pattern of the Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck 1819) in long line farms situated at the NW Gulf of Thessaloniki - Greece.

Thermaikos Gulf and Gulf of Thessaloniki are the most important marine areas in Greece regarding the development of mussel culture. Large areas in these gulfs constitute wetlands protected by national and EU legislation (NATURA 2000 network, RAMSAR convention). These areas host the majority of mussel culture units, constituting the largest source of cultured mussel production in Greece. This study was done for the first time in the area and is intended to give information for spat dynamic.

The sustainable growth of mussel culture is directly dependent upon constant supply and availability of mussel spat.

The "Introduction" chapter provides a review of relevant literature. The first section describes the biology and ecology of the mussels. The second section relates to the various factors influencing abundance, dispersal, and survival of the mussel spat. The third section reviews the relevant aquaculture systems, areas, and production figures at international and national level. Finally the fourth section presents the actual study area.

The "Materials & Methods" chapter describes the experimental protocol adopted, the techniques applied for estimating the dynamic pattern of the mussel spat settlement, and the overall methodology for data collection and processing. The study included fortnightly measurements and sampling from 3 stations / farms during the period between February 2006 and March 2007. Two of the selected sampling stations were selected, two situated at the edges and one at the centre of the stations' / farms area. Sampling included – apart from biological material (spat) – measurements for water parameters such as temperature, salinity, transparency, hydrodynamics, and phytoplankton. Meteorological and management data were also recorded. Vertical withdrawals with nets (100 and 200 µm) were used for collecting mussel larvae. Spat was collected in each farm / station from 2 mussel clusters (socks) and 2 different depths. In the laboratory, spat was divided

into 4 size class using sieves with a mesh of 1,0-1,4-2,0-4,0 mm, corresponding to average spat length of 2, 3, 8 and 16 mm, while density was separately measured.

The “Results” and “Discussion” chapters provide an assessment of the physicochemical and biological water status in the area of study, which were analyzed, correlated with each other and associated with previous relevant studies, regarding their impact on the dynamic pattern of spat settlement. Analyses included:

- water temperature in correlation with air temperature in the area for the duration of the study, and comparison with previous years.
- winds and currents, hydrodynamics in side and around of the mussel farms. Rainfalls and river discharges in correlation with water transparency and salinity.
- dissolved oxygen for each sampling at medium depth (mussel culture level).
- chlorophyll-a

From a total amount of 178.000 individuals of mussel spat collected and measured, the majority were collected from the sampling station on the south edge of the study area, followed by the station situated centrally between the units, and the minimum collection occurred at the station on the NE edge of the study area. The percentage of spat collected was associated with the direction of the currents and the presence of other farms in their course.

The majority (2/3) of the spat settled at depths of 4m from water surface, in comparison to the lower sampling depth (7m). Spat settlement initiated in March, with a peak in May, and lasts until July. The small size class is present both on March and May, with a peak on May. Producers should install their collectors according to this initial presence of the mussel spat. The larger size class – which mainly interests producers- appeared from April and lasted until July, with large volumes on May. Large size class spat was present throughout the year, but in low quantities, compared to the above main settling period.

Ευχαριστίες

Η πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης, στο τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών στα Ν. Μουδανιά Χαλκιδικής.

Θέλω να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που συνέβαλαν στην διεκπεραίωση της πτυχιακής εργασίας ξεκινώντας με την επιβλέπουσα καθηγήτρια μου Δρ. Σοφία Γαληνού Μητσούδη, η οποία με βοήθησε με παροχή επιστημονικού υλικού, προσωπικού χρόνου της και χρήσιμες συμβουλές από την εμπειρία της ως ερευνήτρια αλλά και ως καθηγήτρια. Επίσης, ευχαριστώ τους συνεργάτες του Τ.Α.Υ Γιώργο Βλαχάβα (MSc) και τον Πετρίδη Δημήτριο (Dr) για την βοήθεια του στις στατιστικές αναλύσεις της πτυχιακής εργασίας, την κα. Μωρίκη Αμαλία (Dr) επιστημονική υπεύθυνη του προγράμματος "Ερευνητικό πρόγραμμα Αρχιμήδης II, Κυκλοφορία του νερού σε Περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Υδατοκαλλιεργειών/μυδοκαλλιεργειών (ΠΟΑΥ) και διαχειριστικές παρεμβάσεις χωροταξικής & περιβαλλοντικής βελτίωσης" και την ομάδα εργασίας του προγράμματος, Σαββίδη Γιάννη (Dr), Δημητριάδη Ξενοφώντα (MSc), Ειρήνη Φαντίδου, Αβραμίδου Ελισάβετ, Κώστα Μαθιουδάκη, Αντωνίου Αλέξανδρο, Κοντζίνο Γιάννη, Τσουτσούλη Δέσποινα. Τον καπετάνιο του σκάφους ΠΟΣΕΙΔΩΝΙΑ, Μητσούδη Γεώργιο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ABSTRACT

Ευχαριστίες

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
Πρόλογος	1
1.1 Φυσιολογία και οικολογία του <i>Mytilus galloprovincialis</i>	3
1.1.1 Εκτρεφόμενα είδη μυδιών	3
1.1.2 <i>Mytilus galloprovincialis</i>	3
1.1.3 Κύκλος ζωής - Ρυθμός αύξησης	4
1.1.4 Αναλογία φύλων	4
1.1.5 Γονιμότητα	4
1.1.6 Περίοδος αναπαραγωγής	4
1.1.7 Στάδιο μεροπλαγκτού	6
1.1.8 Εγκατάσταση	7
1.1.9 Αξία – Χρήση Γόνου	8
1.1.10 Παράγοντες που επηρεάζουν την αφθονία / διασπορά / επιβίωση	9
1.2 Θέσεις με φυσικούς πληθυσμούς	11
1.3 Μυδοκαλλιέργειες	12
1.3.1 Συστήματα εκτροφής μυδιών	12
1.3.2 Περιοχές μυδοκαλλιέργειας στον κόσμο	13
1.3.3 Παγκόσμια παραγωγή.....	15
1.3.4 Περιοχές μυδοκαλλιέργειας στην Ελλάδα	15
1.3.5 Ελληνική παραγωγή	17
1.4 Θαλάσσιο περιβάλλον κόλπων Θεσσαλονίκης, Θερμαϊκού	19
1.4.1 Γεωμορφολογία	19
1.4.2 Κλίμα Θεσσαλονίκης	20
1.4.3.1 Φυσικοχημικοί παράμετροι	20
1.4.3.2 Άλλες παράμετροι	22
1.4.4 Θαλάσσια κυκλοφορία	23

1.4.5 Θεσμικό πλαίσιο. Συνθήκη Ramsar. Natura 2000	26
1.4.6 Ανθρωπογενείς δράσεις	29
1.4.6.1 Αστικό – Αγροτικό – Βιομηχανικό περιβάλλον - Εισροές θρεπτικών στον Θερμαϊκό κόλπο από ποταμούς και σημειακές πηγές ρύπανσης	29
1.4.6.2 Έργα	33
1.4.6.3 Ρύπανση	34
1.4.7 Προβλήματα που αφορούν την περιοχή των μυδοκαλλιεργειών της Χαλάστρας	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	37
2.1.1 Περιοχή μελέτης	37
2.1.2 Διάρκεια μελέτης	38
2.1.3 Στρατηγική δειγματοληψίας	38
2.2 Πρωτόκολλο δειγματοληψίας	40
2.2.1 Μετεωρολογικά στοιχεία.....	40
2.2.2 Διαχειριστικά στοιχεία	40
2.2.3 Άλλες μετρήσεις	42
2.2.4 Σχετικός υδροδυναμισμός (γύψινοι όγκοι)	43
2.2.5 Βιολογικό υλικό	45
2.3 Εργαστήριο	46
2.3.1 Προετοιμασία δείγματος	46
2.3.2 Κλάσεις μεγέθους γόνου	48
2.3.3 Μέτρηση της πυκνότητας του γόνου	50
2.4 Μεθοδολογία επεξεργασίας των μετρήσεων.....	51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	52
3.1 Μετεωρολογικά – Φυσικοχημικά	52
3.1.1 Θερμοκρασία αέρα	52
3.1.2 Θερμοκρασία νερού	52
3.1.3 Άνεμος	53
3.1.4 Σχετικός υδροδυναμισμός	54

3.1.5 Βροχόπτωση	56
3.1.6 Αλατότητα	56
3.1.7 Οξυγόνο	57
3.1.8 Διαύγεια	58
3.2 Χλωροφύλλη-α	59
3.3 Δυναμική του γόνου	60
3.3.1 Δυναμική νυμφών στους σταθμούς δειγματοληψίας	60
3.3.2 Χωρική μεταβολή σε σχέση με τους σταθμούς	61
3.3.3 Χωρική μεταβολή σε σχέση με το βάθος	62
3.3.4 Χρονική μεταβολή σε σχέση με τις κλάσεις μεγεθών	63
3.3.5 Χρονική μεταβολή σε σχέση με τις κλάσεις μεγεθών σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας	64
3.3.6 Χρονική μεταβολή της συχνότητας των μεγεθών του γόνου σε σχέση με το βάθος	67
3.3.7 Χρονική μεταβολή της συνολικής πυκνότητας του γόνου	69
3.3.8 Χρονική μεταβολή της συνολικής πυκνότητας των της κλάσης μεγέθους 1,0-1,4 mm	70
3.3.9 Χρονική μεταβολή της συνολικής πυκνότητας των της κλάσης μεγέθους 1,4-2,0 mm	71
3.3.10 Χρονική μεταβολή της συνολικής πυκνότητας των της κλάσης μεγέθους 2,0-4,0 mm	72
3.3.11 Χρονική μεταβολή της συνολικής πυκνότητας των της κλάσης μεγέθους 4,0-20,0 mm	73
3.3.12 Χωροχρονική μεταβολή της πυκνότητας του γόνου σε κάθε σταθμό	74
3.3.13 Χρονική μεταβολή της πυκνότητας του γόνου ανά κλάση μεγέθους.	75
3.3.14 Χρονική μεταβολή της πυκνότητας του γόνου ανά κλάση μεγέθους σε κάθε σταθμό	76
3.3.15 Χωροχρονική μεταβολή της συνολικής πυκνότητας του γόνου για βάθος 4 και 7 μέτρα	80
3.3.16 Χωροχρονική μεταβολή της πυκνότητας του γόνου για βάθος 4 και 7 μέτρα σε κάθε σταθμό	81

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	84
4.1 Περιβαλλοντικά στοιχεία	84
4.1.1 Θερμοκρασία αέρα	84
4.1.2 Θερμοκρασία νερού	84
4.1.3 Επίδραση ανέμου - υδροδυναμισμός	85
4.1.4 Υετός & αλατότητα	88
4.1.5 Εισροές ποταμών	89
4.1.6 Οξυγόνο	92
4.1.7 Διαύγεια	92
4.2 Βιολογικά στοιχεία	92
4.3 Δυναμική του γόνου	94
4.3.1 Χωρική μεταβολή	94
4.3.2 Χωρική μεταβολή σε σχέση με το βάθος	95
4.3.3 Χρονική μεταβολή της πυκνότητας του γόνου	96
4.3.4 Χρονική μεταβολή σε σχέση με τις κλάσεις μεγεθών	97
4.4 Διαχείριση του γόνου	97
4.5 Συμπεράσματα	99
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	101

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Πρόλογος

Η μεταπτυχιακή διατριβή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος: «Κυκλοφορία του νερού σε Περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Υδατοκαλλιεργειών / μυδοκαλλιεργειών (ΠΟΑΥ) και διαχειριστικές παρεμβάσεις χωροταξικής & περιβαλλοντικής βελτίωσης» που χρηματοδοτήθηκε από το ΕΠΕΑΕΚ στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ II.

Οι κόλποι Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού αποτελούν τις πιο σημαντικές θαλάσσιες περιοχές της Ελλάδας για την ανάπτυξη της μυδοκαλλιέργειας. Μεγάλα τμήματα των κόλπων αυτών εντάσσονται στις υγροτοπικές περιοχές που προστατεύονται από την εθνική/κοινοτική νομοθεσία (Natura 2000, Συνθήκη Ramsar).

Στους δυο αυτούς κόλπους φιλοξενούνται οι περισσότερες μονάδες μυδοκαλλιεργειών που αποτελούν και τη μεγαλύτερη πηγή παραγωγής εκτρεφόμενων μυδιών της Ελλάδας. Η μυδοκαλλιέργεια στους κόλπους Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού είναι μια εξελισσόμενη δυναμική δραστηριότητα που προσφέρει κοινωνικά (εργασία), οικονομικά (συνάλλαγμα) και εθνικά (εξαγωγές, συνεργασίες) οφέλη, παρέχει δε απασχόληση σε περισσότερα από 1000 άτομα, χωρίς σε αυτά να περιλαμβάνεται ο αριθμός εκείνων που εργάζονται σε συναφείς εργασίες όπως π.χ. αποφλοιωτήρια (Α. Τ. Ε. Ι. Θ., 2007).

Η αειφόρος ανάπτυξη των μυδοκαλλιεργειών είναι ευθέως εξαρτώμενη από τη συνεχή τροφοδοσία και την διαθεσιμότητα του γόνου.

Έρευνες σχετικά με το γόνο έγιναν από τους Ferran et al. (1990) και τους Fuentes & Molares (1993) για την εγκατάσταση του *Mytilus galloprovincialis* σε συλλεκτήρες στη ΒΔ Ισπανία, από την Hrs-Brenko (1973) στην Αδριατική και από τους Theodorou et al. (2006a) στην Ελλάδα. Ο Bayne (1963, 1964a,b, 1965) και οι Seed & Suchanek (1992) ασχολήθηκαν με την οικολογία και την φυσιολογία των πρώτων οντογενετικών σταδίων του *Mytilus galloprovincialis*, την περιγραφή της αναπαραγωγής, της ανάπτυξης των νυμφών και της συμπεριφοράς εγκατάστασης του *Mytilus edulis* (Linnaeus 1758). Στην Ελλάδα με το γόνο των μυδιών ασχολήθηκαν, ο Κριάρης (1973) με τις εποχιακές διακυμάνσεις των προνυμφών του *Mytilus galloprovincialis* στη στήλη του νερού η Κράββα (2000) σε ζητήματα

γενετικής και αύξησης και το ΕΚΘΕ (2001) με την προσέγγιση της πιθανής περιόδου αναπαραγωγής με βάση την εποχιακή ποιοτική σύσταση της σάρκας των μυδιών. Η Gosling (1992, 2003) συνέλλεξε και εξέδωσε δύο βιβλία για την βιολογία, οικολογία και εκτροφή του γένους *Mytilus* και των διθύρων. Το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΚΘΕ) το 2005 εξέδωσε την έκθεση State of the Hellenic Marine Environment (SoHelME), με βιοτικά και αβιοτικά στοιχεία των Ελληνικών θαλασσών.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να εξαχθούν συμπεράσματα σχετικά με την δυναμική του γόνου των μυδιών, της παράκτιας ζώνης της περιοχής της Χαλάστρας τα οποία μπορούν, στη συνέχεια, να συνεισφέρουν σε περαιτέρω διερεύνηση διαχειριστικών μέτρων που να εξυπηρετούν ένα πιο ομαλό και αποδοτικό συνδυασμό φυσικής και ανθρώπινης δραστηριότητας, καθώς και ένα μοντέλο διαχείρισης του γόνου και της λειτουργίας των μονάδων για τους μυδοκαλλιεργητές. Επίσης, να εντοπιστεί η περιοχή με τη μεγαλύτερη ποσότητα γόνου και τον προσδιορισμό της περιόδου εγκατάστασης. Να καταγραφεί η δυναμική του γόνου χωροχρονικά και οι παράγοντες που συνέβαλλαν στην ύπαρξη ή μη του γόνου και τέλος πότε και που πρέπει οι μυδοκαλλιεργητές να τοποθετούν τους συλλεκτήρες για τη συλλογή γόνου.

Άρα τα πεδία εκείνα τα οποία θα πραγματευτεί η συγκεκριμένη εργασία, θα επιχειρήσουν να δώσουν απάντηση στα παρακάτω ερωτήματα αναφορικά με :

- τις περιόδους εγκατάστασης του γόνου του μυδιού.
- την πυκνότητα του γόνου στις περιοχές ενδιαφέροντος.
- τα βάθη εγκατάστασης.
- τις χωροχρονικές μεταβολές του γόνου.
- τη συσχέτιση με τη δυναμική των νυμφών στην περιοχή.
- τις χρονικές μεταβολές της δυναμικής του γόνου και των διαφόρων κλάσεων μεγέθους του. Ιδιαίτερα της μεγαλύτερης κλάσης που κυρίως ενδιαφέρει τους παραγωγούς. Θα εντοπιστεί ο χρόνος πρωτοεμφάνισης, η διάρκεια στο στάδιο αυτό και ο χρόνος μέγιστης εγκατάστασης.

- την εκτίμηση της επίδρασης του περιβάλλοντος στην δυναμική της εγκατάστασης του γόνου.

- τους παράγοντες που επηρεάζουν την παρουσία του γόνου (ρεύματα, θερμοκρασίες κτλ.)

- τις διαχειριστικές παρεμβάσεις για μεγαλύτερη και καλύτερη συλλογή γόνου (π.χ. καταλληλότερη περίοδος τοποθέτησης συλλεκτήρων).

1.1 Φυσιολογία και οικολογία του *Mytilus galloprovincialis*

1.1.1 Εκτρεφόμενα είδη μυδιών

Τα εμπορικά είδη που εκτρέφονται στον κόσμο είναι: Το κοινό ή μπλέ μύδι *Mytilus edulis* (Linnaeus 1758), το Μεσογειακό μύδι *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck 1819) και κάποια είδη τροπικά, υποτροπικά του γένους *Perna* όπως το *P. viridis* (Linnaeus 1758), στην Ινδία και Άπω Ανατολή (Ινδονησία, Μαλαισία, Φιλιππίνες, Σιγκαπούρη, Ταϊλάνδη), *P. canaliculus* (Gmelin 1791) στη Ν. Ζηλανδία και το είδος *P. Perna* (Linnaeus 1758), σε Βενεζουέλα, Εκουαδόρ, Βραζιλία, Ν. Αφρική (Spencer, 2002). Επίσης τα είδη *Mytilus chilensis* (Hupé 1854) στην Χιλή, *M. smaragdinus* (Chemnitz 1785) Ταϊλάνδη και Φιλιππίνες, το *M. planulatus* (Lamarck 1819) στην Αυστραλία, *M. coruscus* (Gould 1861) στην Κορέα (FAO, 1999).

1.1.2 *Mytilus galloprovincialis*

Το όστρακο του είναι επίμηκες, γενικά τριγωνικό, υποτριγωνικό και αποστρογγυλεμένο στο πίσω άκρο του (Εικ. 1).



Εικ.1. Το Μεσογειακό μύδι *Mytilus galloprovincialis*.

Συναντάται σε ρηχά νερά (ως 10 m) όπου υπάρχουν οι καταλληλότερες περιβαλλοντικές συνθήκες για τη διαβίωσή του (Seed & Suchanek, 1992).

1.1.3 Κύκλος ζωής - Ρυθμός αύξησης

Το μήκος του μπορεί να ξεπεράσει τα 10-13 cm σε ιδανικές συνθήκες αλλά όταν οι συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές, το μέγεθος του δεν ξεπερνά τα 2-3 cm ακόμη και σε ηλικία 15-20 ετών (Seed, 1976 από Seed & Suchanek, 1992).

1.1.4 Αναλογία φύλων

Το μύδι είναι γονοχωριστικό με αναλογία φύλων 1:1 στους περισσότερους φυσικούς πληθυσμούς, αν και το φύλο δεν διακρίνεται παρά μόνο όταν υπάρχει γεννητική ωριμότητα (Seed, 1976; Sunila & Lindstorm, 1981; Kautsky, 1982a; Brousseau, 1983; Sprung, 1983 από Seed & Suchanek, 1992).

Παράγοντες που επηρεάζουν την αναλογία φύλων στα δίθυρα πιστεύεται ότι είναι (Gosling, 2003a):

- Η ποσότητα της διαθέσιμης τροφής
- Η αυξημένη θνησιμότητα ενός από τα δύο φύλα
- Ο γεωγραφικός αποκλεισμός των πληθυσμών

1.1.5 Γονιμότητα

Η γονιμότητά του είναι μεγάλη και ένα θηλυκό *M. edulis* (L: 7cm) μπορεί να παράγει $7-8 \times 10^6$ ωάρια σε μια ωοτοκία ενώ μεγαλύτερα σε μέγεθος μύδια μπορούν να παράγουν 40×10^6 . Επίσης δεν είναι σταθερή από χρονιά σε χρονιά υποδεικνύοντας ότι εξαρτάται από την διαθέσιμη τροφή και την ενέργεια που ενσωματώθηκε στην δημιουργία του γεννητικού υλικού (Thompson, 1979).

Σύμφωνα με άλλους ερευνητές, και τα δύο είδη *M. edulis* και *M. galloprovincialis*, ελευθερώνουν $10-15 \times 10^6$ ωάρια (Lubet, 1983)

1.1.6 Περίοδος αναπαραγωγής

Η περίοδος αναπαραγωγής για ένα εμπορικό είδος όπως το μύδι ενδιαφέρει όχι μόνο για την δυναμική του πληθυσμού αλλά και για την διαχείριση της εκτροφής (συγκομιδή, τοποθέτηση συλλεκτήρων). Είναι γνωστό ότι στην περίοδο μετά την απελευθέρωση του γεννητικού υλικού υποβαθμίζεται εμπορικά η ποιότητα του μυδιού, με τη μείωση του σωματικού του βάρους και πρέπει να ρυθμίζεται ανάλογα ο χρόνος συγκομιδής. Η ηλικία πρώτης αναπαραγωγής είναι το πρώτο έτος της ζωής του σε μέγεθος που ποικίλει ανάλογα με την περιοχή προέλευσης. Το φύλο

διακρίνεται, το μεν αρσενικό από τους υπόλευκους γεννητικούς αδένες, ενώ το θηλυκό από τους αντίστοιχους πορτοκαλόχρωμους (Seed & Suchanek, 1992).

Η αναπαραγωγική στρατηγική του *M. edulis* μπορεί να είναι συντηρητική ή ευκαιριακή και μπορεί να ρυθμίζει την δραστηριότητα ανάλογα με το περιβάλλον (Lowe et al., 1982; Rodhouse et al., 1984). Όταν ακολουθεί τη συντηρητική στρατηγική, ωτοκεί στην αρχή της άνοιξης για να δώσει την ευκαιρία στις προνύμφες να τραφούν κατά την άνθηση του φυτοπλακτού, καταναλώνοντας την ενέργεια που συσσωρεύσαν το καλοκαίρι και το φθινόπωρο για την γαμετογένεση. Μερικοί πληθυσμοί κάτω από ευνοϊκές συνθήκες ακολουθούν ευκαιριακές ωτοκίες που αντλούν τα ενεργειακά αποθέματα κατά την διάρκεια της γαμετογένεσης. Υπάρχουν πληθυσμοί που κάτω από εξαιρετικά ευνοϊκές συνθήκες ακολουθούν καθαρά ευκαιριακή στρατηγική (Rodhouse et al., 1984).

Η αναπαραγωγική περίοδος είναι διαφορετική από περιοχή σε περιοχή. Για παράδειγμα, το είδος *M. galloprovincialis* στις ακτές της Βόρειας Ισπανίας (Ατλαντικός), τα μέγιστα της ωτοκίας του μυδιού παρατηρούνται την άνοιξη και αρχές καλοκαιριού. Το πρώτο μέγιστο παρατηρείται μεταξύ Μαρτίου και Απριλίου και το δεύτερο μεταξύ Μαΐου και Ιουνίου (Ferran et al., 1990; Villalada, 1993). Μετά τον Ιούνιο λίγα μύδια εμφανίζουν μια τρίτη και λιγότερο σημαντική περίοδο ωτοκίας (Fuentes & Molares, 1993).

Στη Βόρεια Αδριατική το μύδι αναπαράγεται όλο το χρόνο. Η έναρξη της ωτοκίας τοποθετείται μεταξύ Οκτωβρίου-Νοεμβρίου με μέγιστη δραστηριότητα Δεκέμβριο – Ιανουάριο – Φεβρουάριο (Mackie, 1984).

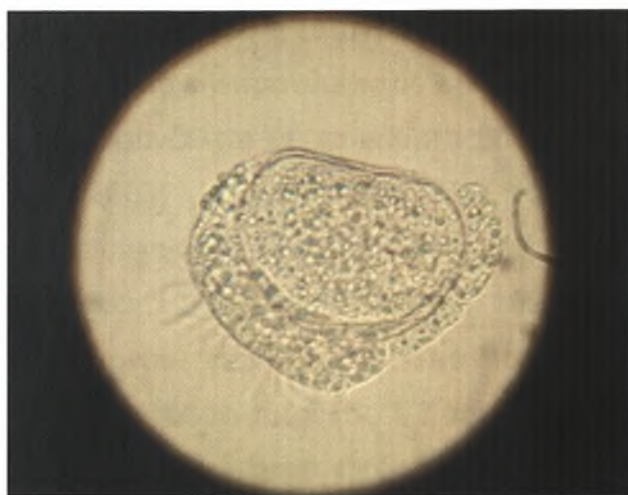
Στην περιοχή Vela Draga (Κροατία) η περίοδος αναπαραγωγής αρχίζει στις αρχές του φθινοπώρου αλλά μετά από απότομη πτώση της θερμοκρασίας μπορεί να αρχίσει και από το τέλος Αυγούστου. Την απελευθέρωση του γεννητικού υλικού ακολουθεί η γονιμοποίηση που διενεργείται στη θάλασσα και ο χρόνος επώασης είναι ανάλογος με τη θερμοκρασία του νερού. Στις υψηλές θερμοκρασίες διαρκεί λιγότερο χρόνο, ενώ στις χαμηλές περισσότερο. Η θερμοκρασία είναι μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους που καθορίζουν την έναρξη της ωτοκίας. Αρκετές ωτοκίες διαφόρων εντάσεων εξαρτώνται από την θερμοκρασία νερού και έχουν επίδραση στην εμφάνιση μυδιών ανάμεσα στο πλαγκτόν και στην ένταση της εγκατάστασής τους. Έτσι η αύξηση της θερμοκρασίας τους καλοκαιρινούς μήνες περίπου στους 20 °C σημαίνει την ολοκλήρωση του αναπαραγωγικού τους κύκλου (Hrs Brenco, 1973).

Στο Βόρειο Ευβοϊκό Κόλπο (Κυπαρίσσι), η αναπαραγωγική περίοδος διαρκεί επίσης σχεδόν όλο τον χρόνο με ένταση το χειμώνα (Ιανουάριο) (Metaxatos, 1988 από Γαληνού – Μητσούδη, 2003).

Στον Μαλιακό κόλπο τα μύδια αρχίζουν να απελευθερώνουν γεννητικό υλικό στις αρχές Νοεμβρίου - Ιανουαρίου ενώ ο γόνος αρχίζει να εγκαθίσταται (αρχική εγκατάσταση) δύο μήνες αργότερα και διαρκεί για άλλους τρεις μήνες, μέχρι το τέλος Ιουνίου (Theodorou et al., 2006a, b).

1.1.7 Στάδιο μεροπλαγκτού

Με τη γονιμοποίηση αρχίζει η μεροπλαγκτική ζωή του μυδιού η οποία θα περάσει από τα διάφορα οντογενετικά στάδια (Seed & Suchanek, 1992). Οι προνυμφικές και νυμφικές μορφές (μικρά μυδάκια με διάφανο όστρακο κιτρινωπού χρώματος) ανήκουν στο ζωοπλαγκτό μέχρι να φθάσουν τα 0,25 mm μήκος οπότε αναζητούν υπόστρωμα εγκατάστασης και μεταμορφώνονται σε γόνο (μικρά μυδάκια με το χαρακτηριστικό μελανό χρώμα τους) (Hrs Brenco, 1973; Γαληνού – Μητσούδη, 2003). Η τροχοφόρος προνύμφη ολοκληρώνεται σε 24-48 h από την γονιμοποίηση και ακολουθεί η δημιουργία του πρωτόστρακου I (Bayne, 1976a από Gosling, 1992) που έχει σχήμα D και μήκος 100-200 μm (Sprung, 1983) (Εικ. 1β).



Εικ. 1β. Προνύμφη μυδιού 2 ημερών, σχήματος D.

Μετά δημιουργείται το πρωτόστρακο II. Η πλαγκτονική αυτή μορφή φτάνει σε ένα μήκος οστράκου 250-260 μm σε διάστημα 1 έως 4 εβδομάδων και προς το τέλος αναπτύσσεται το πόδι. Η νύμφη αναζητά με την βοήθεια του ποδιού και των τριχιδίων του βύσσου το κατάλληλο υπόστρωμα για την μεταμόρφωση και την

εγκατάσταση (Bayne 1976b). Το πλαγκτικό στάδιο μπορεί να επιμηκυνθεί μέχρι και 10 εβδομάδες και το μήκος της νύμφης να φτάσει τα 300-400μm (Bayne, 1965) ανάλογα με την θερμοκρασία, την διαθέσιμη τροφή και την ύπαρξη κατάλληλου υποστρώματος.

Στην ΒΔ Ισπανία το πλαγκτικό στάδιο διαρκεί έναν ως δύο μήνες και η διάρκεια αυτή εξαρτάται από την θερμοκρασία του νερού. Επομένως στο μύδι που ωτοκεί μετά τον Ιούνιο, η οντογεννητική ανάπτυξή του ολοκληρώνεται σε ένα μήνα, οπότε ανιχνεύεται εγκατάσταση μεταξύ Ιουλίου και Αυγούστου (Fuentes & Molares, 1993).

Σύμφωνα με τον Κριάρη (1973) η παρουσία του *M. galloprovincialis* στη θαλάσσια περιοχή του Σαρωνικού είναι σε όλη τη διάρκεια του έτους με δύο μέγιστα κατά τους μήνες Φεβρουάριο και Οκτώβριο.

1.1.8 Εγκατάσταση

Οι νύμφες κατά την κάθοδό τους προς το βυθό συναντούν φύκη και άλλους υδρόβιους οργανισμούς στους οποίους μπορούν να προσκολλώνται με το βύσσο τους. Συγκεκριμένα η νύμφη χρησιμοποιεί το πόδι της για να συρθεί πέρα από την επιφάνεια ή συνδέεται πάνω σε αυτή. Σε περίπτωση που δεν είναι κατάλληλο το υπόστρωμα τότε χρησιμοποιεί το πόδι για την ανεύρεση άλλου υποστρώματος. Εάν το υπόστρωμα είναι κατάλληλο, η προνύμφη μεταμορφώνεται στη νεανική μορφή που ονομάζεται γόνος και συνδέεται με τα νήματα βύσσου (αρχική εγκατάσταση) (Γαληνού – Μητσούδη, 2003). Η προσκόλληση με το βύσσο στο υπόστρωμα δηλώνει και το τέλος της πελαγικής ζωής και την έναρξη της μεταμόρφωσης που διαρκεί 24-72 h (Bayne, 1965, 1976b; Lutz & Kennish, 1992).

Η δυναμική του γόνου περιπλέκεται από το φαινόμενο της δεύτερης εγκατάστασης. Όταν ο γόνος φθάσει το μήκος 1-2 cm μπορεί να αποκολλάται μέχρι να συναντήσει καταλληλότερο και μόνιμο υπόστρωμα. Έχει αναφερθεί ότι αυτή η αρχική τακτοποίηση επιτρέπει στα νέα μύδια να αυξηθούν στο περιβάλλον απαλλαγμένα από τον ανταγωνισμό που εμφανίζεται στις αρμαθιές των πυκνών μυδιών. Στο αρχικό υπόστρωμα μπορεί να μείνει ένα μήνα, ακόμη και όλο τον χειμώνα (Seed, 1969; Bayne, 1976b). Τα νεαρά μύδια διατηρούν την ικανότητα να μεταναστεύουν με την βοήθεια του βύσσου μέχρι το μήκος των 2-2,5 mm (Lutz & Kennish, 1992). Μετά εισέρχονται πάλι στο πλαγκτόν και εγκαθίστανται σε βραχώδεις επιφάνειες και «τράπεζες» μυδιών. Αυτή η διαδικασία δεν

πραγματοποιείται από όλα τα μύδια, καθώς κάποια από αυτά εγκαθίστανται στο μόνιμο υπόστρωμα κατά την διάρκεια της αρχικής εγκατάστασης (Seed, 1969).

Στην Ευρώπη, σε διαφορετικές περιοχές των ακτών του Ατλαντικού, όπου υπάρχουν πληθυσμοί του *Mytilus edulis* και *Mytilus galloprovincialis* (Seed, 1969; Dare, 1976; Rodhouse et al., 1984; King et al., 1990; Caceres-Martinez et al., 1993) αλλά και στη Μεσόγειο όπου υπάρχει μόνο το *Mytilus galloprovincialis* (Hrs-Brenko, 1973; Margus & Teskeredzic, 1986), η περίοδος εγκατάστασης σε συλλεκτήρες γίνεται σε αρκετά εκτεταμένη περίοδο, ως αποτέλεσμα επαναλαμβανόμενης αναπαραγωγής.

Στις ακτές της ΒΔ Ισπανίας, στον Ατλαντικό, παρατηρήθηκε μέγιστο εγκατάστασης στα 5 πρώτα μέτρα, μεταξύ Ιουλίου και Αυγούστου (Fuentes & Molares 1993). Άλλοι ερευνητές έδειξαν δύο μέγιστα απελευθέρωσης γεννητικού υλικού που υπάρχουν μεταξύ Μαρτίου και Ιουνίου και επομένως αναμένονται δύο μέγιστα εγκατάστασης ένα την άνοιξη και ένα το καλοκαίρι (Ferran et al., 1990).

Στην Αδριατική (Κροατία), ο γόνος αρχίζει να εγκαθίσταται από Φεβρουάριο μέχρι και Ιούνιο με μεγαλύτερη αφθονία τον Μάρτιο και Απρίλιο και μέγιστη τον Μάιο (Hrs Brenco, 1973).

1.1.9 Αξία – Χρήση Γόνου

Ως γόνος μυδιού θεωρείται εκείνο το μύδι που είναι μικρότερο από 2 cm. Στην Ισπανία η οποία είναι η δεύτερη μεγαλύτερη παραγωγός χώρα μυδιών και παράγει με την μέθοδο της σχεδίας το είδος *Mytilus galloprovincialis* στην βορειοδυτική ακτή (Vigo, Arosa), το 70% του γόνου συλλέγεται από τις βραχώδης ακτές τον Νοέμβριο έως Μάρτιο και το 30% από τους συλλεκτήρες το Μάρτιο έως Απρίλιο. Το μέγεθος του γόνου είναι 6-8 mm. Με το γόνο αυτό δημιουργούν αρμαθιές που καλύπτονται και με δίχτυ που μετά από λίγο διαλύεται στο νερό, ενώ ο γόνος αναπτύσσει βύσσο. Η μέση πυκνότητα του γόνου είναι 1,5- 1,7 kg για κάθε μέτρο σχοινιού. Πέντε με έξι μήνες μετά την τοποθέτηση του γόνου σε αρμαθιές και όταν το μήκος του οστράκου είναι 4-5 cm, γίνεται η 1^η αραίωση - διαλογή και ακολουθεί μια δεύτερη διαλογή πριν την συγκομιδή (Gosling, 2003b).

Στην Ν. Ζηλανδία το 20% του γόνου μαζεύεται με συλλεκτήρες ενώ το 80% είναι προσκολλημένο σε μακρόφυτα που παρασύρονται στην ακτή Ninety Mile (Inglis et al., 2000).

Συνήθως τρεις διαφορετικές μέθοδοι χρησιμοποιούνται από τους εκτροφείς για να συλλέξουν την απαραίτητη ποσότητα γόνου που θα χρησιμοποιηθεί στις μονάδες μυδοκαλλιέργειας: α) η αφαίρεση του γόνου από βραχώδης περιοχές, β) η υποδομή του μυδοτροφείου (μάνες, βαρέλια, αρμαθιές) και γ) οι συλλεκτήρες που τοποθετήθηκαν από τον καλλιεργητή (Fuentes & Molares, 1993). Ο γόνος που θα συλλεχθεί θα πρέπει να είναι καθαρός και να είναι κατά μέσο όρο 2 cm.

1. 1.10 Παράγοντες που επηρεάζουν την αφθονία / διασπορά / επιβίωση

Η αναπαραγωγική στρατηγική (Lutz & Kennish, 1992) του *Mytilus* (μεγάλη γονιμότητα), η οντογενετική φάση του που περιλαμβάνει πλαγκτικές μορφές με ικανότητα μεγάλης εξάπλωσης, συντελεί στην ευρεία γεωγραφική κατανομή του γένους.

Στις περισσότερες περιοχές οι προνύμφες του *Mytilus* ανιχνεύονται σε μεγάλους αριθμούς την άνοιξη και το καλοκαίρι ενώ η διάρκεια του κάθε προνυμφικού / νυμφικού σταδίου εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως η διαθέσιμη τροφή, η θερμοκρασία, η αλατότητα, η ύπαρξη κατάλληλου υποστρώματος (Lutz & Kennish, 1992).

Οι κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και αλατότητας αμέσως μετά τη γονιμοποίηση (εμβρυϊκή ανάπτυξη) του είδους *Mytilus galloprovincialis* είναι μεταξύ 15 - 20 °C και 27 - 40 ‰ (Hrs- Brenko, 1974). Οι ανωμαλίες στην εμβρυϊκή ανάπτυξη αυξάνονται όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος απομακρύνονται από αυτές τις τιμές.

Η καταλληλότητα της τροφής εξαρτάται και από την ποιότητα και το μέγεθος της. Οι νύμφες μπορούν να αξιοποιήσουν τροφή μεταξύ 1-9 μm (Riisgard et al. 1980). Το ποσοστό του φυτοπλαγκτού στην τροφή αν και παίζει καθοριστικό ρόλο, τα μύδια έχουν την ικανότητα να αξιοποιούν τρίμματα, βακτήρια, ακόμη και διαλυμένες οργανικές ουσίες.

Έχει παρατηρηθεί ότι η ανατάραξη του νερού αυξάνει 2-8 φορές την προσκόλληση των προνυμφών σε φυλλοειδείς επιφάνειες (Eyster & Pechenik, 1987; Wildish & Kristmanson, 1993). Επίσης η διασπορά του γόνου καθορίζεται από το διάστημα που μεσολαβεί μέχρι την εγκατάσταση - μεταμόρφωση σε συνδυασμό με τις κινήσεις των νερών (Day & McEdward, 1984).

Όταν οι συνθήκες δεν είναι οι κατάλληλες, η διάρκεια της πλαγκτονικής ζωής επιμηκύνεται από 2 μήνες (Bayne, 1965, 1976b) ως και περισσότερο των 6 μηνών

(Lane et al., 1985). Η καθυστερημένη μεταμόρφωση δεν μπορεί να επιμηκυνθεί επιπλέον και οι νύμφες συνήθως πεθαίνουν. Η θνησιμότητα αυτή κατά την πλαγκτονική φάση είναι υψηλή και η ολοκλήρωση με επιτυχία αυτής της περιόδου εξαρτάται από 1) την ύπαρξη κατάλληλων συνθηκών περιβάλλοντος κυρίως θερμοκρασίας, 2) επάρκεια τροφής, 3) θήρευση, 4) βαθμό ενεργητικής ή παθητικής (διηθηματοφάγοι) πρόσληψης τροφής, 5) δυνατότητα εύρεσης κατάλληλου υποστρώματος (Hancock, 1973; Bayne, 1976b).

Οι νύμφες του μυδιού *Mytilus galloprovincialis* μεταμορφώνονται στα 250-257 μm (Hrs - Brenko, 1973). Η ένταση της εγκατάστασης δεν είναι ίδια ετησίως αλλά εξαρτάται από την θερμοκρασία. Έτσι μια πρόωρη μείωση της θερμοκρασίας του νερού προκαλεί πρόωρη γαμετογένεση, ωρίμανση των κυττάρων και γέννηση αριθμού μυδιών έτσι ώστε το φθινόπωρο να υπάρχει μεγάλος αριθμός γόνου.

Μείωση του διαλυμένου οξυγόνου που πρέπει να υπάρχει στο νερό, έχει ως αποτέλεσμα την θνησιμότητα των προνυμφών και του γόνου, όπως συμβαίνει και σε πολλά είδη υδρόβιων οργανισμών (Alfaro, 2006).

Μια σημαντική παράμετρος που επηρεάζει την καλή διαβίωση του γόνου είναι η θολερότητα του νερού που όταν συνδυάζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει σε φαινόμενα υποξίας ή και ανοξίας. Όπως είναι γνωστό μεγάλες συγκεντρώσεις οργανικής ύλης επηρεάζουν την κατανομή του διαλυμένου οξυγόνου, αφού εξαιτίας οξειδωτικών αντιδράσεων μειώνεται σημαντικά το ποσοστό του στο νερό (ΕΚΘΕ., 2001). Αυτή η παράμετρος επιδρά αρνητικά στα νεαρά άτομα του γόνου και στην εγκατάστασή τους, με συνέπεια την μείωση της παραγωγής μυδιών γενικότερα. Το γεγονός που την προκαλεί, είναι η συγκέντρωση οργανικού υλικού στη στήλη του νερού από τους παραγωγούς ή και από την αυξημένη ρύπανση που επικρατεί στην περιοχή. Σε συγκεντρώσεις αιωρούμενων στερεών μεγαλύτερες από 200 μl^{-1} ο ρυθμός πρόσληψης τροφής στις νύμφες μειώνεται (Bayne, 1976a).

Η αλατότητα είναι μία παράμετρος που παίζει σημαντικό ρόλο στο γόνου και θα πρέπει να κυμαίνεται σε επίπεδο υφάλμυρων νερών γύρω στο 29-37‰ και με την εισαγωγή γλυκού νερού όπως συμβαίνει στον κόλπο της Θεσσαλονίκης (Γαληνού-Μητσούδη, 2003).

Τέλος σημαντικό ρόλο για καλή διαβίωση γόνου το παίζει ο υδροδυναμισμός (ρεύματα), έτσι ώστε να γίνεται ανανέωση μαζών του νερού, μείωση φαινομένων θερμικής στρωμάτωσης στα νερά και αυξημένη παροχή τροφής (φυτοπλακτόν) στα

άτομα γόνου. Παρά την σπουδαιότητά τους τα ρεύματα έχουν τύχει μικρής προσοχής. Οι ταχύτητες των ρευμάτων που έχουν καταγραφεί σε περιοχές εκτροφής είναι από 0,02-0,10 m sec⁻¹ (Hickman, 1992).

1.2 Θέσεις με φυσικούς πληθυσμούς

Τα φυσικά αποθέματα μυδιών αποτελούν τις «τράπεζες» γόνου και ανανέωσης των πληθυσμών μυδιών στις εκτροφές.

Σύμφωνα με ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας (ΑΠΘ, 2001) για την πυκνότητα των μυδιών σε φυσικούς πληθυσμούς, σημειώνεται ότι στην Μασσαλία βρέθηκαν πυκνότητες της τάξης των 37.000 άτ. m⁻², συμπεριλαμβανομένων και των νεαρών ατόμων (Tsuchiya & Bellan-Santini, 1989). Στην Ιταλία αντίστοιχες πληροφορίες αναφέρουν ότι η πυκνότητα των μυδιών (*Mytilus galloprovincialis*) κυμαίνεται από 333-11.360 άτ. m⁻² (ΑΠΘ, 2001). Στην ευρύτερη περιοχή της Δ. Μεσογείου (Αλγερία, Μασσαλία, Δ. Ιταλία, Β. Αδριατική, Τάραντο, Μεσογειακές ακτές Ισπανίας) η πυκνότητα μυδιών κυμαίνεται από 1.500-24.000 άτ. m⁻² (Bellan-Santini, 1969; Tursi et al., 1985; Abada-Boudjema & Dauvin, 1995; Ardizzone et al., 1996). Φυσικοί πληθυσμοί στους Κόλπους της Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού έχουν καταγραφεί από τους Arsenoudi et al. (2003) και Γαληνού-Μητσούδη κ.ά. (2007). Η πυκνότητα των μυδιών φυσικών πληθυσμών το φθινόπωρο, σε περιοχές του Θερμαϊκού κυμαίνεται από 2.300 – 18.200 άτ. m⁻² και αυτές οι τιμές βρίσκονται στο εύρος τιμών που παρατηρήθηκαν στην Μεσόγειο (Arsenoudi et al., 2003). Το μέγεθος τους (μήκος κελύφους) βρίσκεται και αυτό στα όρια των μεγεθών που παρατηρούνται στην Μεσόγειο.

Η διασπορά των μυδιών συνδέεται με την διαθεσιμότητα σκληρού υποστρώματος στον βιότοπο. Η περιορισμένη ύπαρξη σκληρού υποστρώματος είναι ο λόγος που τα νεαρά μύδια ανιχνεύονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Είναι πιθανό η μορφολογία της περιοχής μαζί με την κυκλοφορία του νερού να ευνοούν τη συσσώρευση / συγκέντρωση των νεαρών μυδιών σε αυτά τα υποστρώματα (Arsenoudi et al., 2003). Γενικά η σύνθεση των φυσικών πληθυσμών σε άτομα διαφόρων κλάσεων μεγέθους διαφέρει ανάλογα με την εποχή μελέτης (δειγματοληψίας/παρατήρησης), για βιολογικούς λόγους (πχ. θήρευση-αύξηση), περιβαλλοντικούς (πχ. ρυπαντές, αυξημένες θερμοκρασίες), αλλά και για λόγους αλιείας όταν οι μυδώνες βρίσκονται σε καθαρά νερά. Τα αποθέματα αυτά δέχονται συνεχώς σημαντικές πιέσεις από διάφορους περιβαλλοντικούς και διαχειριστικούς

(ανθρωπογενείς) παράγοντες. Η ρύπανση, οι λιμενικές κατασκευές (λιμανάκια, μώλοι), η έντονη αλιευτική δραστηριότητα, η μορφολογία (έλλειψη σκληρού υποστρώματος) και οι θηρευτές απειλούν τα αποθέματα τα οποία αποτελούν τους μοναδικούς φυσικούς πόρους στην ευρύτερη περιοχή.

Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες (Γαληνού - Μητσούδη κ.ά., 2007) η ποιότητα των φυσικών πληθυσμών μυδιών, βασισμένη στο δείκτη ευρωστίας τους και το ρυθμό διήθησης, στην Χαλάστρα και την παράκτια ζώνη της Επανωμής είναι καλύτερη από τους πληθυσμούς στην ανατολική πλευρά του κόλπου Θεσσαλονίκης και πιο υποβαθμισμένη είναι η ποιότητα των μυδιών στο δυτικό Θερμαϊκό, βόρεια του αλιευτικού καταφυγίου του Κίτρου.

1.3 Μυδοκαλλιέργειες

1.3.1 Συστήματα εκτροφής μυδιών

Η μυδοκαλλιέργεια είναι μια μη εντατική μορφή εκτροφής που στηρίζεται στις φυσικές διαδικασίες για την προμήθεια γόνου και τροφής (Inglis et al., 2000).

Η επιλογή της μεθόδου εκτροφής ανά τον κόσμο αντανάκλα τις παραδοσιακές τεχνικές, την διαθεσιμότητα και καταλληλότητα των θέσεων που υπάρχουν για την εγκατάσταση και την διαθεσιμότητα του γόνου. Σήμερα τα συστήματα εκτροφής που χρησιμοποιούνται είναι τα εξής:

Εκτροφή βυθού, που χρησιμοποιούν οι παραγωγοί στην Ολλανδία, Γερμανία, και σε μικρότερο βαθμό στην Ιρλανδία και Μ. Βρετανία (Spencer, 2002).

Εκτροφή στη στήλη του νερού

Τρία είδη εκτροφής διακρίνονται, αν και με πολλές παραλλαγές. Το Πασσαλωτό (pole), το σύστημα με σχεδίες (raft) και το σύστημα μακριάς γραμμής (longline) (Spencer, 2002).

Το σύστημα μακριάς γραμμής (longline)

Η μέθοδος αυτή είναι πιο σύγχρονη και πιο κατάλληλη από τις σχεδίες σε εκτεθειμένες θέσεις, αν και απαντάται μαζί με τις σχεδίες ή τα πασσαλωτά σε προστατευμένες περιοχές (Εικ. 2).



Εικ.2. Μονάδα μυδοκαλλιέργειας με σύστημα μακριάς γραμμής (longline) στον Β.Δ. κόλπο Θεσσαλονίκης. Στο βάθος διακρίνονται τα πασσαλωτά μυδοτροφεία.

Το σύστημα αυτό είναι προσαρμογή της μεθόδου που αναπτύχθηκε στην Ιαπωνία για την εκτροφή των στρειδιών και χτενιών. Αποτελείται από ένα σχοινί από πολυπροπυλένιο που επιπλέει στην επιφάνεια ή 1,5-3 m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας με την βοήθεια πλωτήρων, από όπου κρέμονται σχοινιά με μύδια, τοποθετημένα σε απόσταση 50 cm μεταξύ τους. Σε κάποιες περιπτώσεις όταν υπάρχουν ισχυρά ρεύματα, τοποθετούνται βαρίδια στα σχοινιά για να διατηρούνται κάθετα. Ο αριθμός και το μέγεθος των πλωτήρων εξαρτάται από το βάρος που πρόκειται να σηκώσουν (π.χ. ένα σχοινί μήκους 200 m και διαμέτρου 18-30 mm στηρίζεται σε 25-30 l πλωτήρες που έχουν απόσταση μεταξύ τους 0,5-1,5 m). Τα κάθετα σχοινιά είναι μήκους 4-6 m και διαμέτρου 14-18 mm. Τοποθετούνται κατά μήκος των σχοινιών ξύλινες σφήνες μήκους 25 mm κάθε 25-40 cm, για να εμποδίσουν τα μύδια να «χυθούν» πρακτική που ακολουθείται και στις σχεδίες (Spencer, 2002).

Στους κόλπους Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού εκτρέφεται το *M. galloprovincialis* και φθάνει το εμπορεύσιμο μήκος (μεγαλύτερο των 5 cm) σε χρονικό διάστημα μικρότερο από 12 μήνες (ΑΠΘ, 2000).

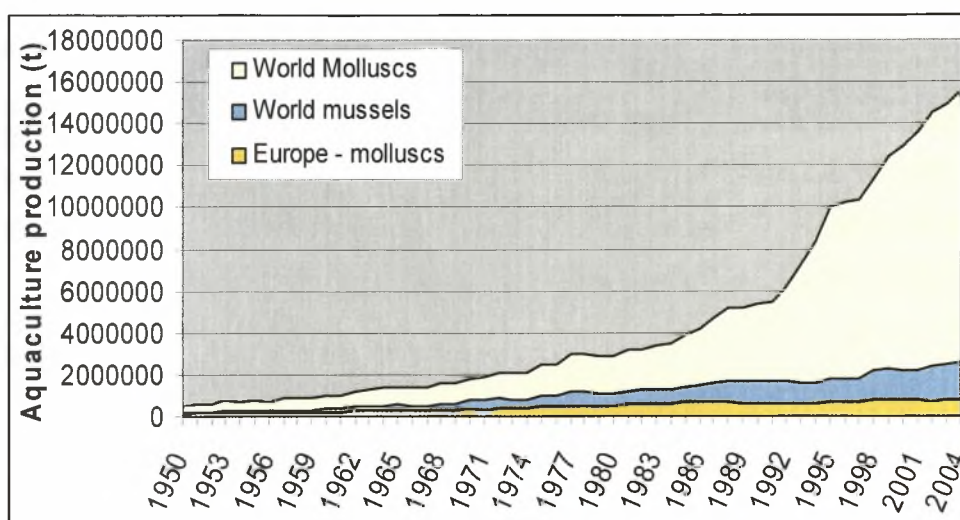
1.3.2 Περιοχές μυδοκαλλιέργειας στον κόσμο

Τα μύδια εκτρέφονται σε πολλές περιοχές στον κόσμο (Εικ. 3) και κυρίως τα είδη *Mytilus edulis* και *Mytilus galloprovincialis*.

Στο νότιο ημισφαίριο απαντάται στην δυτική Αυστραλία, Τασμανία, Ν. Ζηλανδία και Ν. Αφρική (Spencer, 2002).

1.3.3 Παγκόσμια παραγωγή

Με βάση τα στοιχεία του έτους 2004 (FAO Fishery Statistics) η παγκόσμια παραγωγή οστράκων ήταν περίπου 13.000.000 t, εκ των οποίων οι 1.900.000 t ήταν τα μύδια (Εικ. 4). Η ίδια πηγή αναφέρει ότι η συνολική ευρωπαϊκή παραγωγή οστράκων ήταν περίπου 750.000 t, εκ των οποίων οι 600.000 t ήταν μύδια (Εικ. 7), ενώ η παραγωγή της σε μεσογειακό μύδι (*Mytilus galloprovincialis*) ανέρχεται σε 95.000 t.



Εικ. 4. Παγκόσμια και ευρωπαϊκή παραγωγή μαλακίων και παγκόσμια παραγωγή μυδιών από εκτροφές (Πηγή πρωτογενών δεδομένων: FAO Fishery Statistics).

Από στοιχεία του FAO παρατηρείται αύξηση από το 1950 της παγκόσμια παραγωγής του μεσογειακού μυδιού (*M. galloprovincialis*) που συνδυάζεται με την αύξηση του ενδιαφέροντος των καταναλωτών.

1.3.4 Περιοχές μυδοκαλλιέργειας στην Ελλάδα

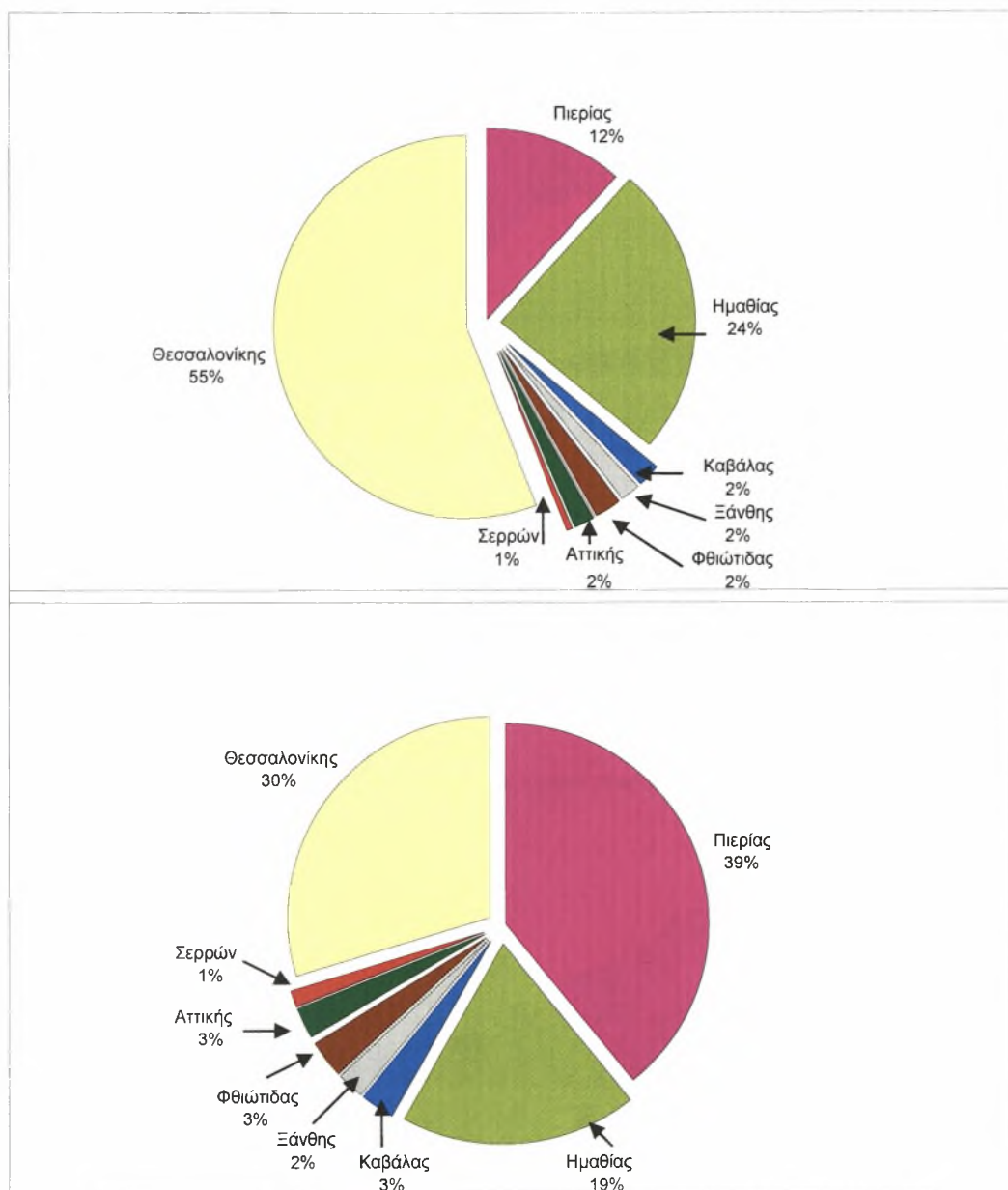
Η εκτροφή οστράκων έχει μια μακρά ιστορία από τον 4^ο αιώνα π.Χ. στην Ελλάδα. Σήμερα συναντάται κυρίως στην Αλεξανδρούπολη, στον Αμβρακικό, στο Πόρτο-Λάγος, στον Μαλιακό, στον Σαρωνικό και στον Στρυμονικό και κυρίως στους Κόλπους Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού (Εικ. 5, 6).



Εικ. 5. Περιοχές στην Ελλάδα όπου συναντάται και εκτρέφεται κυρίως το μύδι. 1 = Αλεξανδρούπολη, 2 = Πόρτο Λάγος, 3 = Στρυμονικός, 4 = Θεσσαλονίκη και Θερμαϊκός, 5 = Αμβρακικός, 6 = Μαλιακός, 7 = Σαρωνικός (Α.Τ.Ε.Ι.Θ., 2007).

Η παραγωγή αυτή προέρχεται κυρίως από τις παρακάτω περιοχές:

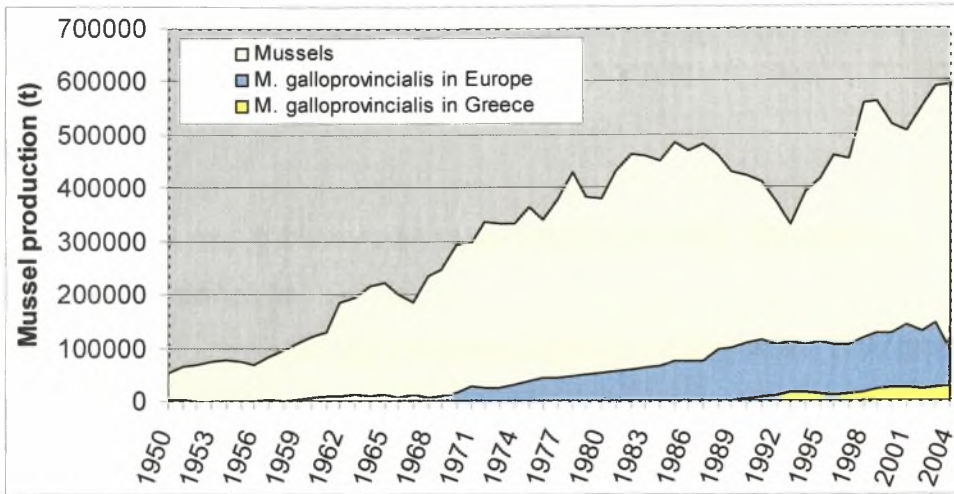
- Πιερίας (Κίτρος - Μακρύγιαλος, Δ. Θερμαϊκός, Νομός Πιερίας - αποκλειστικά με το πλωτό σύστημα).
- Αξιού-Λουδία-Αλιάκμονα (ΒΔ Θερμαϊκός – με πλωτό και πασσαλωτό σύστημα) που χωρίζεται διοικητικά, σε
 - Αξιού - Λουδία (Κύμινα-Μάλγαρα, Νομός Θεσσαλονίκης).
 - Λουδία - Αλιάκμονα (Κλειδί, Νομός Ημαθίας).
 - ΒΔ κόλπου Θεσσαλονίκης (Χαλάστρα, Νομός Θεσσαλονίκης – με πλωτό και πασσαλωτό σύστημα).
- Αν. Θερμαϊκού κόλπου (Νομός Θεσσαλονίκης– με πλωτό σύστημα).



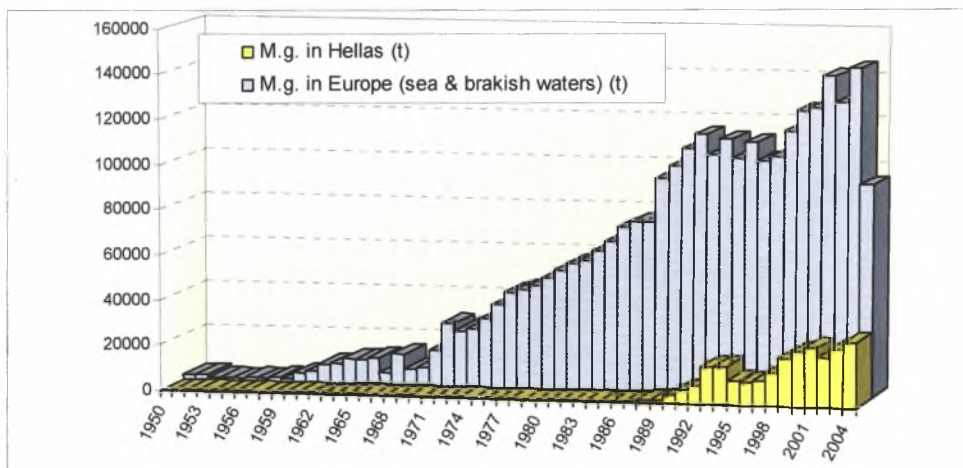
Εικ. 6. Αριθμός μονάδων μυδοκαλλιέργειας (πάνω) και αντίστοιχη στρεμματική κάλυψη (κάτω) ανά νομό στην Ελλάδα (Γαληνού-Μητσουόδη, 1999).

1.3.5 Ελληνική παραγωγή

Από τους 95.000 t της Ευρωπαϊκής μεσογειακού μυδιού (*Mytilus galloprovincialis*), οι 30.000 t μυδιών αποτελούν την Ελληνική παραγωγή (Εικ. 7), (Εικ. 8). Το 80-90% της παραγωγής αυτής εξάγεται, κυρίως, στην Ιταλία.



Εικ. 7. Ευρωπαϊκή παραγωγή μυδιών, συνολικά και για τα δύο είδη (*Mytilus galloprovincialis* & *Mytilus edulis*), Ευρωπαϊκή παραγωγή και η Ελληνική παραγωγή του είδους *M. galloprovincialis* (Πηγή δεδομένων: FAO Fishery Statistic).



Εικ. 8. Η Ευρωπαϊκή και Ελληνική παραγωγή μυδιών του είδους *Mytilus galloprovincialis* (Πηγή δεδομένων: FAO Fishery Statistics).

Η Ελληνική παραγωγή μυδιών άρχισε να αυξάνει από τις αρχές της δεκαετίας του 1990, δηλαδή μια εικοσαετία αργότερα από ότι στην Ευρώπη (Α.Τ.Ε.Ι.Θ., 2007).

Η παραγόμενη αξία στην περιοχή μελέτης είναι € 10 εκατομμύρια ετησίως (Ζανου & Αναγνωστού, 2001) και περίπου 1000 άτομα απασχολούνται στις μονάδες (Α.Τ.Ε.Ι.Θ., 2007).

Σχετικά με το εμπόριο η ετήσια δυναμικότητα παραγωγής της περιοχής, ανέρχεται σε 17.000-20.000 t και κύρια χώρα προορισμού είναι η Ιταλία (ΕΚΘΕ, 2001).

1.4 Θαλάσσιο περιβάλλον κόλπων Θεσσαλονίκης, Θερμαϊκού

1.4.1 Γεωμορφολογία

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης εντάσσεται σε μια πολύπλοκη θαλάσσια λεκάνη (Εικ. 9) που αποτελείται από:

- Τον Όρμο Θεσσαλονίκης - νότια όρια : Μικρό Έμβολο – Παλιομάνα
- Τον Κόλπο Θεσσαλονίκης - νότια όρια : Μεγάλο Έμβολο - Δέλτα Αξιού (στην ΒΔ περιοχή βρίσκεται η Χαλάστρα)
- Τον Θερμαϊκό Κόλπο: Ακρωτ. Ποσειδί - Ακρ. Δερματάς



Εικ. 9. Χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης όπου φαίνεται ο Όρμος Θεσσαλονίκης ο Κόλπος Θεσσαλονίκης και τμήμα του Θερμαϊκού κόλπου. Επεξεργασμένη εικόνα (Google Earth).

Ο Θερμαϊκός κόλπος βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα του Αιγαίου πελάγους. Το ανάγλυφο του πυθμένα είναι ομαλό ως αποτέλεσμα των συνεχών αποθέσεων υλικών από τους ποταμούς (Karageorgis et al., 2004). Μορφολογικά ο κόλπος Θεσσαλονίκης αποτελεί τμήμα που αντιστοιχεί στην εσωτερική ηπειρωτική κατωφέρεια του ευρύτερου Θερμαϊκού. Στον κόλπο εκβάλλουν τέσσερα ποτάμια, ο Γαλλικός, ο Αξιός, ο Λουδίας και ο Αλιάκμονας. Υπάρχουν τρία αντλιοστάσια του

αρδευτικού δικτύου της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης καθώς και η έξοδος των βιολογικών καθαρισμών της Θεσσαλονίκης.

Η παράκτια ζώνη όπου ασκείται η δραστηριότητα της οστρακοκαλλιέργειας περιλαμβάνει περιοχές:

α) Υγροτοπικές: Υγροτοπικές περιοχές χαρακτηρίζονται όλο το εκβολικό σύστημα συμπεριλαμβανομένων και των δέλτα των ποταμών Αξιού, Λουδία, Αλιάκμονα, Γαλλικού σε βάθη θάλασσας μικρότερα των 6 m των αλυκών του Κίτρου, Αγγελχωρίου και της Επανομής.

β) Θαλάσσιες: Εκεί είναι εγκατεστημένες οι μονάδες εκτροφής.

γ) Χερσαίες: Στην παραλία υπάρχουν τα αλιευτικά καταφύγια και η υποδομή στήριξης των μυδοκαλλιεργητών.

1.4.2 Κλίμα Θεσσαλονίκης

Το κλίμα στην περιοχή χαρακτηρίζεται ηπειρωτικό και μεταβαίνει σε μεσογειακό στην παράκτια περιοχή. Η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 0 °C με 38 °C (Poulos et al., 2000). Η μέση ετήσια θερμοκρασία του αέρα είναι 9 °C -17,5 °C, ενώ η ετήσια βροχόπτωση 400 - 1300 mm (Poulos et al., 2000).

Το χειμώνα, παρατηρούνται βόρειοι-βορειοδυτικοί άνεμοι (επικρατούντες άνεμοι στη διάρκεια του έτους), ενώ το καλοκαίρι η μεταβλητότητα αυξάνει με επικρατέστερους ανέμους νότιους και δυτικούς (Hyder et al., 2002; ΥΠΓΕ, 2003). Οι άνεμοι βορείων διευθύνσεων φυσούν ανά διαστήματα κυρίως το χειμώνα με διάρκεια 4-6 ημέρες και με ταχύτητα που μπορεί να φτάνει τα 20 m sec⁻¹. Το μελέμι είναι ενεργό από Μάιο έως Σεπτέμβριο νότια του κόλπου. Φυσάει κατά διαστήματα στις αρχές και σταθεροποιείται κατά τα μέσα Ιουλίου με Σεπτέμβριο, αυξάνοντας ταυτόχρονα σε ένταση (φυσάει από βόρεια και βορειοανατολικά). Το καλοκαίρι εμφανίζεται επίσης ημερήσια θαλάσσια αύρα (5-10 m sec⁻¹), προερχόμενη από τα νότια και τα νοτιοανατολικά (Hyder et al., 2002). Η επίδρασή της είναι σημαντική, όταν δε φυσούν τα μελέμια (Poulos et al., 2000). Γενικά πάντως, η βόρεια συνιστώσα του ανέμου έχει τη μεγαλύτερη συχνότητα (40 %), (Karageorgis & Anagnostou, 2001) καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου.

1.4.3.1 Φυσικοχημικοί παράμετροι του νερού

Ως φυσικοχημικοί παράμετροι του νερού θεωρούνται η θερμοκρασία, η αλατότητα, τα ρεύματα, το διαλυμένο οξυγόνο, τα θρεπτικά άλατα.

α) Αναλυτικά στην συγκεκριμένη περιοχή, η θερμοκρασία παρουσιάζει τις μικρότερες τιμές της μεταξύ Φεβρουαρίου και Μαρτίου. Μετά ξεκινά μια συνεχής αύξησή της που φτάνει και στα βαθύτερα θαλάσσια στρώματα στα τέλη Μαΐου και συνεχίζει να αυξάνει μέχρι και τον Αύγουστο. Οπότε αρχίζει μια σταδιακή μείωση προς τις αρχές χειμώνα, χωρίς όμως να εμφανίζονται έντονες βαθμίδες θερμοκρασίας με το βάθος, όπως συμβαίνει κατά την περίοδο ανόδου (ΕΚΘΕ, 2001)

β) Η αλατότητα στο διάστημα Φεβρουαρίου – Μαρτίου εμφανίζει τις μικρότερες τιμές στην επιφάνεια όμως τις μεγαλύτερες στον πυθμένα. Στο διάστημα αυτό εμφανίζεται το έντονο αλοκλινές. Το αλοκλινές μειώνεται κατά την μετάβαση στους θερινούς μήνες και παρουσιάζεται σε συνεχώς μειωμένο βάθος. Όπως και με την θερμοκρασία, από τον Μάιο η θαλάσσια στήλη γίνεται πιο ομοιογενής και διατηρείται έτσι έως ότου αρχίσουν οι εκροές των ποταμών από τον Νοέμβριο και μετά. Τον Νοέμβριο παρατηρείται αυξημένη αλατότητα στα βαθύτερα στρώματα της ανατολικής περιοχής που υποδηλώνει εισροή νερών από το Β. Αιγαίο (ΕΚΘΕ, 2001).

γ) Το διαλυμένο οξυγόνο (DO_2) είναι βασικό στοιχείο για τη ζωή των θαλάσσιων οργανισμών. Οι διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις του συνδέονται άμεσα τόσο με βιολογικές διεργασίες όπως η φωτοσύνθεση, αλλά και παραμέτρους όπως η θερμοκρασία και το βάθος. Στην περιοχή αυτή η μέση συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου τον χειμώνα είναι $7,52 \text{ mg l}^{-1}$ ενώ το καλοκαίρι $7,0 \text{ mg l}^{-1}$ (στοιχεία της περιόδου 1992-2002 ΗCMR, 2003). Από μελέτες του ΕΚΘΕ (2001) οι τιμές δεν άγγιξαν τα όρια της ανοξίας ούτε την θερινή περίοδο κοντά στον πυθμένα, παρά το γεγονός της αύξησης της θερμοκρασίας και της στρωμάτωσης που παρατηρήθηκε το έτος 2000.

δ) Τα θρεπτικά άλατα στην περιοχή του κόλπου εμφανίζουν υψηλές συγκεντρώσεις κατά ένα βαθμό ως αποτέλεσμα της δράσης των ποταμών. Επίσης παρουσιάζουν μεγάλες χρονικές διακυμάνσεις επειδή οι κυριότερες πηγές των νιτρικών και φωσφορικών είναι η γεωργία, με αποτέλεσμα την αύξηση των τιμών συγκέντρωσης το καλοκαίρι λόγω αρδεύσεων και τον Νοέμβριο - Δεκέμβριο λόγω βροχοπτώσεων (ΕΚΘΕ, 2001). Αύξηση των θρεπτικών αλάτων δημιουργεί αύξηση του φυτοπλαγκτού. Τα μύδια όμως των μυδοκαλλιεργειών, χρησιμοποιούν ως τροφή το φυτοπλαγκτό, αυξάνοντας έτσι την διαφάνεια. Η αναπλήρωση ποσοτήτων φυτοπλαγκτού επιτυγχάνεται μη τη βοήθεια επαναιώρησης, παλίρροιας κτλ. (Γκανούλης, 1993). Οι τιμές των θρεπτικών (αρκετά υψηλές) στην Χαλάστρα είναι

χαρακτηριστικές των παράκτιων περιοχών που δέχονται ανθρωπογενή δράση και τις εισροές ποταμών. Συγκριτικά με μετρήσεις την περίοδο 1995-1996 (Κράββα, 2000), το 2000 τα νιτρικά και τα νιτρώδη κυμάνθηκαν στα ίδια επίπεδα. Συγκεκριμένα τα νιτρικά κυμάνθηκαν από 0,5-4,8 μM επιφανειακά και 0,5-2,5 μM στα 5m και τα νιτρώδη από 0,05-0,2 μM με εξαιρετικά υψηλές τιμές τον Οκτώβριο 0,4-0,5 μM ενώ οι μέγιστες τιμές φωσφορικών αυξήθηκαν κατά 100 $\mu\text{g/l}$ και συγκεκριμένα κυμάνθηκαν από 0,2-0,8 μM επιφανειακά και 0,15-0,7 μM στα 5m και των αμμωνιακών μειώθηκαν κατά 15 $\mu\text{g l}^{-1}$ δηλαδή κυμάνθηκαν από 0,1-1,5 μM με αύξηση από τον Σεπτέμβριο που έφτασε τα 4,5 μM (ΕΚΘΕ, 2001). Οι τιμές των θρεπτικών δεν φαίνεται να αυξάνονται λόγω της ύπαρξης μυδοκαλλιεργειών. Τα νιτρικά άλατα αυξάνονται τον Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριο, που συμπίπτει με την «άνθηση» του φυτοπλαγκτού. Μειώνονται σταδιακά από το Μάρτιο προς Μάιο και διατηρούν χαμηλές τιμές το καλοκαίρι. Τα νιτρώδη διατηρούνται σταθερά και έχουν καταγραφεί υψηλές τιμές τον Οκτώβριο. Τα αμμωνιακά και πυριτικά εμφανίζουν σταδιακή αύξηση τον Σεπτέμβριο. Τα φωσφορικά είναι γενικώς αυξημένα με μέγιστα τον Ιούνιο και το φθινόπωρο.

1.4.3.2 Άλλες παράμετροι του νερού

α) Το φυτοπλακτό είναι σημαντική τροφή για τα δίθυρα. Ο Θερμαϊκός κόλπος στο βόρειο τμήμα του παρουσιάζει έντονα φαινόμενα ευτροφισμού λόγω της εισροής γλυκών νερών από τα ποτάμια και της επιβάρυνσης από μια ποικιλία ρυπαντών όπως τα αστικά, βιομηχανικά και γεωργικά απόβλητα (Gotsis-Skretas & Frigilos, 1990). Η επίδραση των ποταμών στην αύξηση των θρεπτικών είναι εμφανής τον χειμώνα και την άνοιξη, και των άλλων αποβλήτων κατά το θέρος. Η ευρύτερη περιοχή των μυδοκαλλιεργειών παρουσιάζει υψηλές συγκεντρώσεις φυτοπλακτικής βιομάζας και στηρίζει μια μεγάλη παραγωγή μυδιών. Στις μονάδες συγκεκριμένα σε πλωτά συστήματα, εμφανίζονται μέγιστα άνθισης φυτοπλαγκτού σε αντίθεση με τα πασσαλωτά, όπου η συγκέντρωση χλωροφύλλης δεν εμφανίζει έντονες διακυμάνσεις στη διάρκεια του έτους. Η χλωροφύλλη-α δείκτης της φυτοπλακτικής βιομάζας διατηρείται σε επίπεδα $>1 \mu\text{g l}^{-1}$, συγκέντρωση που είναι αρκετή για να υποστηρίξει σημαντικό ρυθμό ανάπτυξης των μυδιών (ΕΚΘΕ, 2001) Στο βάθος των 5 m όπου βρίσκεται ο κύριος όγκος των μυδιών η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α κυμάνθηκε για το έτος 2000 από 1-4 $\mu\text{g l}^{-1}$, με μέγιστες τιμές τον Μάρτιο και Οκτώβριο. Τον Οκτώβριο το πρότυπο μείωσης της συγκέντρωσης της

χλωροφύλλης-α στο εσωτερικό της περιοχής μυδοκαλλιέργειών είναι μειωμένο κατά το ήμισυ.

β) Μη φυτοπλακτικό αιωρούμενο οργανικό υλικό

Εκτός από το φυτοπλακτικό, τα μύδια χρησιμοποιούν για τροφή και μη φυτοπλακτικό αιωρούμενο οργανικό υλικό που είναι μέρος του σωματιδιακού οργανικού υλικού (POM) και βρέθηκε να είναι >70 % του αιωρούμενου οργανικού υλικού, εκτός από τις περιόδους της εμφάνισης των μέγιστων του φυτοπλακτικού, οπότε τα ποσοστά κυμαίνονται από 35 - 55 % (ΕΚΘΕ, 2001).

Το (POM) σε βάθος 5 m όπου βρίσκεται ο κύριος όγκος της βιομάζας στις πλωτές μυδοκαλλιέργειες στην Χαλάστρα κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα 500-2000 $\mu\text{g l}^{-1}$, με μέγιστα τον Μάρτιο - Απρίλιο και Νοέμβριο - Δεκέμβριο. Οι τιμές αυτές κυμαίνονται στα ίδια επίπεδα με άλλες παραγωγικές περιοχές που εκτρέφονται δίθυρα (Navarro et al., 1991; Sorikin et al., 1996). Ο λόγος του σωματιδιακού οργανικού υλικού προς το αιωρούμενο σωματιδιακό υλικό (POM/SPM) που αναφέρεται και ως δείκτης τροφής για τα δίθυρα κυμαίνεται από 10 – 50 %. Τιμές γύρω στο 34 % περιγράφουν ένα ολιγοτροφικό οικοσύστημα στην Μεσόγειο (Pusceddu et al., 1997).

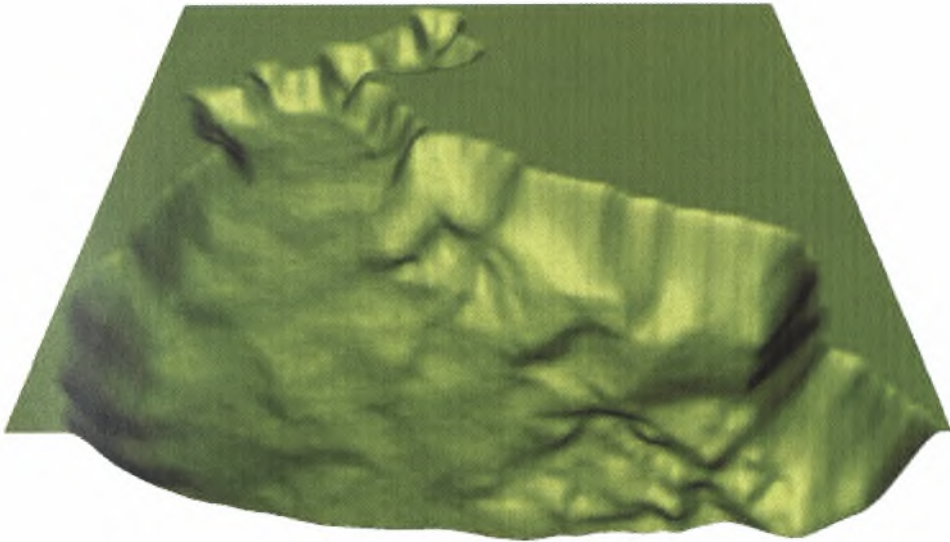
Η συγκέντρωση των μετάλλων Cd, Cu, Cr στην σάρκα των μυδιών του Θερμαϊκού δεν ξεπερνούν τα ανώτατα όρια που αναφέρονται ως επιτρεπόμενα για την κατανάλωση τροφών με θαλασσινή προέλευση (E.C., 1995). Οι διαφορές που υπάρχουν στις συγκεντρώσεις σχετίζονται με τις εποχιακές μεταβολές του περιβάλλοντος και την διαθεσιμότητα τροφής εκφρασμένης ως χλωροφύλλη-α στο κλάσμα 0,2 μm (ΕΚΘΕ, 2001). Με την τροφή και τις εποχικές μεταβολές σχετίζεται και η ευρωστία των μυδιών (Sheehan & Power, 1999). Έτσι τους ζεστούς μήνες οι εκτρεφόμενοι οργανισμοί έχουν μεγαλύτερο ξηρό βάρος ενώ η συγκέντρωση των μετάλλων στην σάρκα εμφανίζει τις μικρότερες τιμές. Ο Phillips (1976) συνέδεσε την υψηλή φυτοπλακτική παραγωγικότητα, με τις χαμηλές συγκεντρώσεις μετάλλων στην σάρκα των μυδιών, καθώς η αφθονία οδηγεί σε υψηλούς ρυθμούς μεταβολισμού και απέκκρισης.

1.4.4 Θαλάσσια κυκλοφορία

Η ποιότητα του νερού στις παράκτιες περιοχές έχει άμεση σχέση με την ανάμιξη των παράκτιων νερών που έχουν υψηλό ρυπαντικό φορτίο με τα βαθύτερα νερά της ανοιχτής θάλασσας. Ιδιαίτερα σε περιοχές που η παλίρροια είναι σχεδόν

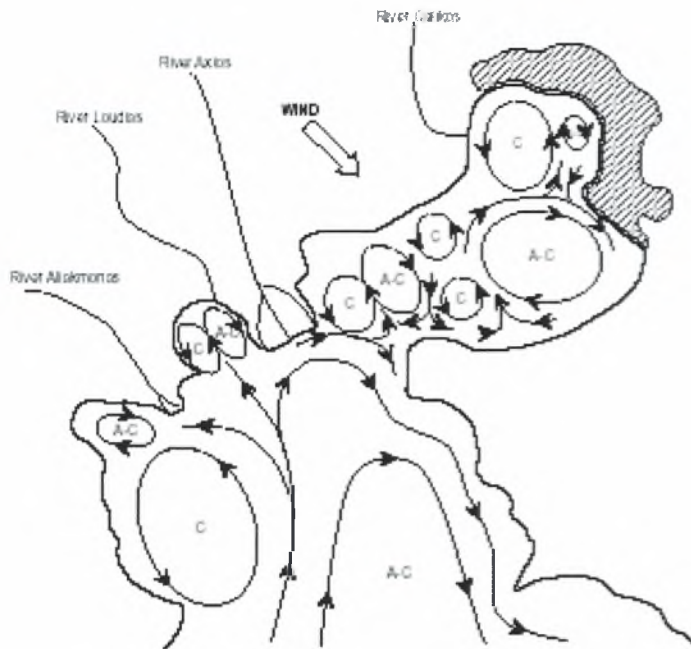
ανύπαρκτη, ο άνεμος είναι που έχει ιδιαίτερη σημασία στην κυκλοφορία και ανάμιξη του νερού (Barber & Volakos, 1997).

Ο κόλπος του Θερμαϊκού είναι μία ημίκλειστη ρηχή λεκάνη με βάθος από 10-75 m που περικλείεται από τις τρεις πλευρές από ξηρά και ένα μοναδικό άνοιγμα από τον νότο (Εικ. 11), με εύρος παλίρροιας είναι 0,25 m (Barber & Volakos, 1997).



Εικ. 10. Τρισδιάστατη βαθυμετρική αναπαράσταση του Θερμαϊκού κόλπου (Barber & Volakos, 1997).

Στην περιοχή φυσούν Β, ΒΔ άνεμοι και το κοινό μελέμι (ΒΑ) και δημιουργούν μια σειρά από κυκλωνικές (C) και αντικυκλωνικές (Α-C) δίνες (Εικ. 12). Η προσομοίωση έδειξε ότι η ανταλλαγή του νερού δια μέσου της στενής εισόδου του όρμου της Θεσσαλονίκης είναι ελάχιστη για τους ανέμους που πνέουν στην περιοχή και αυτό έχει καθοριστική επίδραση στην διάλυση και διασπορά των ρύπων στο βορειότερο μέρος του κόλπου (Barber & Volakos, 1997).



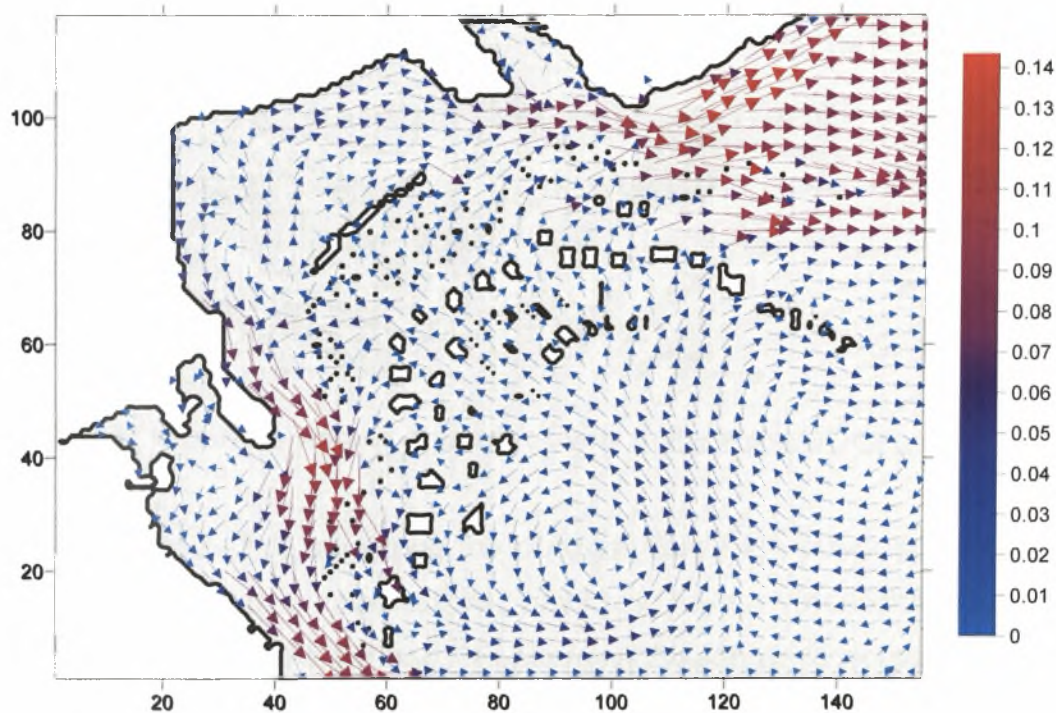
Εικ. 11. Προβλεπόμενη υδροδυναμική κυκλοφορία προκαλούμενη από τον επικρατέστερο Β-ΒΔ άνεμο στον Θερμαϊκό κόλπο. Α=αντικυκλωνική, C=κυκλωνική ροή (Barber & Volakos, 1997).

Η κυκλοφορία στον κόλπο είναι κυρίως κυκλωνική (Hyder et al., 2002; Barber & Volakos, 1997). Τα νερά του Αιγαίου μπαίνουν στον κόλπο από τα βαθύτερα στρώματα κατά μήκος της ανατολικής ακτής και με αντίθετη φορά από αυτήν των δεικτών του ωρολογίου μπαίνουν στον κόλπο της Θεσσαλονίκης. Το νερό των ποταμών κινείται κατά μήκος της δυτικής ακτής νότια αν και έχουν ανιχνευτεί νερά γλυκά στον κόλπο Θεσσαλονίκης κάτω από την επίδραση δυτικών ανέμων (Kontoyiannis et al., 2003). Η ανανέωση του νερού είναι μεγαλύτερη κατά την περίοδο της μεγαλύτερης απορροής των ποταμών. Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού και του φθινοπώρου ανιχνεύονται νερά από την Μαύρη Θάλασσα στον κόλπο Θεσσαλονίκης (Hyder et al., 2002; Kontoyiannis et al., 2003).

Πιο συγκεκριμένα στην λεκάνη της Χαλάστρας όταν φυσά βόρειος βορειοδυτικός άνεμος (επικρατέστερος στην περιοχή) (Εικ. 13) δημιουργούνται ανατολικά βορειοανατολικά ρεύματα στη βόρεια και ανατολική πλευρά της λεκάνης,

νότια και νοτιοανατολικά ρεύματα στην δυτική και νότια πλευρά, και νοτιοανατολικά ρεύματα δημιουργούνται στο κέντρο (Savvidis et al., 2007).

Σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς όσον αφορά στην ταχύτητα των ρευμάτων στη στήλη του νερού, υπάρχει μείωση στα βαθύτερα στρώματα σε σχέση με την επιφάνεια, επιβεβαιώνοντας την ανεμογενή δράση των ρευμάτων. Επίσης στο μέσο μιας μυδοκαλλιέργειας οι τιμές που καταγράφονται στα 2-3 m από την επιφάνεια, μειώνονται απότομα στο 50 % στα 5 m από την επιφάνεια.

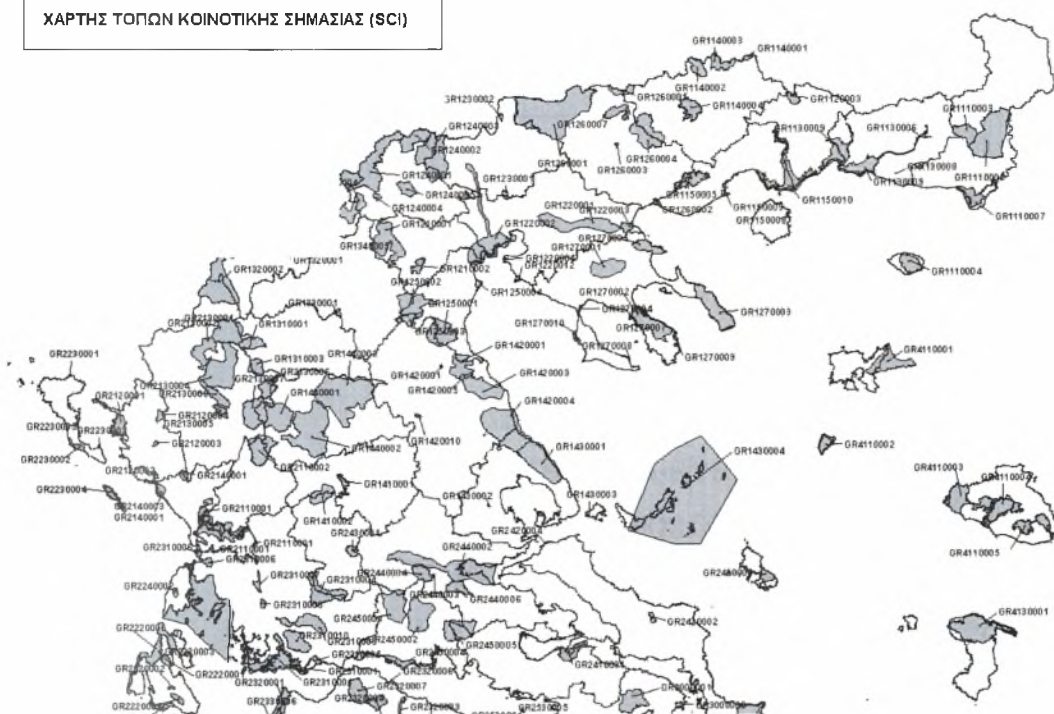


Εικ.12. Υδροδυναμική κυκλοφορία στην παράκτια ζώνη της Χαλάστρας υπό την επίδραση του επικρατέστερου ΒΔ ανέμου (Savvidis et al., 2007)

1.4.5 Θεσμικό πλαίσιο. Συνθήκη Ramsar, Natura 2000.

Στη Βόρεια Ελλάδα (Εικ. 14) υπάρχει μεγάλος αριθμός υγροτόπων που είναι είτε διεθνούς αξίας και προστατεύονται από τη συνθήκη Ramsar, είτε εθνικής αξίας που προστατεύονται από εθνική νομοθεσία ή από το δίκτυο Natura 2000.

ΧΑΡΤΗΣ ΤΟΠΩΝ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ (SCI)



Εικ. 13. Χάρτης τόπων κοινοτικής σημασίας (SCI) (<http://www.minenv.gr>).

Το Δέλτα του Αξιού και μέρος του ποταμού έως 7 km πάνω από τις εκβολές (67 km²), βρίσκεται υπό το καθεστώς της συνθήκης Ramsar, που υπογράφηκε από την Ελλάδα στις 19/11/1974. Επίσης η Ευρωπαϊκή Ένωση με το πρόγραμμα Natura 2000, για τον χαρακτηρισμό και την προστασία των οικοσυστημάτων με μεγάλη βιοποικιλότητα και σημαντικών για το περιβάλλον, περιέλαβε τις εξής περιοχές: GR1220002 Δέλτα Αξιού-Λουδία-Αλιάκμονα (112 km²), GR1220007 Αξιού ποταμού (77 km²), GR1250010 Δέλτα Αξιού-Λουδία-Αλιάκμονα-Αλυκή Κίτρους (138 km²) (Πιν. 1). Το Δίκτυο Natura 2000 αποτελεί ένα Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο περιοχών, οι οποίες φιλοξενούν φυσικούς τύπους οικοτόπων και οικοτόπους ειδών που είναι σημαντικοί σε Ευρωπαϊκό επίπεδο. Αποτελείται από δύο κατηγορίες περιοχών: Τις «Ζώνες Ειδικής Προστασίας (ΖΕΠ)» (Special Protection Areas - SPA) για την Ορνιθοπανίδα, όπως ορίζονται στην Οδηγία 79/409/ΕΚ, και τους «Τόπους Κοινοτικής Σημασίας (ΤΚΣ)» (Sites of Community Importance - SCI) όπως ορίζονται στην Οδηγία 92/43/ΕΟΚ (<http://www.minenv.gr>).

Πιν. 1. Οι περιοχές Natura 2000 στην περιοχή της Θεσσαλονίκης (<http://www.minenv.gr>). Όπου SCI = Τόποι Κοινοτικής Σημασίας, SPA = Ζώνες Ειδικής Προστασίας.

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΤΟΠΟΥ	ΕΚΤΑΡΙΑ (ha)
GR1220001	SCI	ΛΙΜΝΕΣ ΒΟΛΒΗ & ΛΑΓΚΑΔΑ-ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	26947,81
GR1220002	SCI	ΔΕΛΤΑ ΑΞΙΟΥ-ΛΟΥΔΙΑ-ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ-ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ-ΑΧΙΟΥΠΟΛΗ	33676,35
GR1220003	SCI	ΣΤΕΝΑ ΡΕΝΤΙΝΑΣ - ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ	2905,16
GR1220005	SCI/SPA	ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ ΑΓΓΕΛΟΧΩΡΙΟΥ	377,20
GR1220009	SPA	ΛΙΜΝΕΣ ΒΟΛΒΗ ΚΑΙ ΛΑΓΚΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΕΝΑ ΡΕΝΤΙΝΑΣ	15671,00
GR1220010	SPA	ΔΕΛΤΑ ΑΞΙΟΥ-ΛΟΥΔΙΑ-ΑΛΙΑΚΜΟΝΑ-ΑΛΥΚΗ ΚΙΤΡΟΥΣ	29551,00
GR1220011	SPA	ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ ΕΠΑΝΟΜΗΣ	690,00
GR1220012	SCI	ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ ΕΠΑΝΩΜΗΣ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ	830,38

Η μυδοκαλλιέργεια με το πλωτό σύστημα εγκαθίσταται σε βάθη > των 6 m, που αποτελεί όριο των προστατευμένων υδροτοπικών περιοχών βάσει της Συνθήκης Ramsar, και διενεργείται στο ΒΔ κόλπο Θεσσαλονίκης (Χαλάστρα). Η περιοχή μελέτης που εντάσσεται στον ΒΔ κόλπο Θεσσαλονίκης, χαρακτηρίζεται επιπλέον ως ιδιαίτερος προστατευόμενη περιοχή (Special Protected Areas - SPA). Με Κοινή Υπουργική Απόφαση (αρ.14874/3291/6/7/1998) οι εκβολές του Γαλλικού, η Λιμνοθάλασσα του Καλοχωρίου και η Αλυκή Κίτρους, χαρακτηρίζονται ως οικολογικά σημαντικές και προστατεύονται (Karageorgis et al., 2004).

1.4.6 Ανθρωπογενείς δράσεις

1.4.6.1 Αστικό – Αγροτικό – Βιομηχανικό περιβάλλον. Εισροές θρεπτικών στον Θερμαϊκό Κόλπο από ποταμούς. Σημειακές πηγές ρύπανσης.

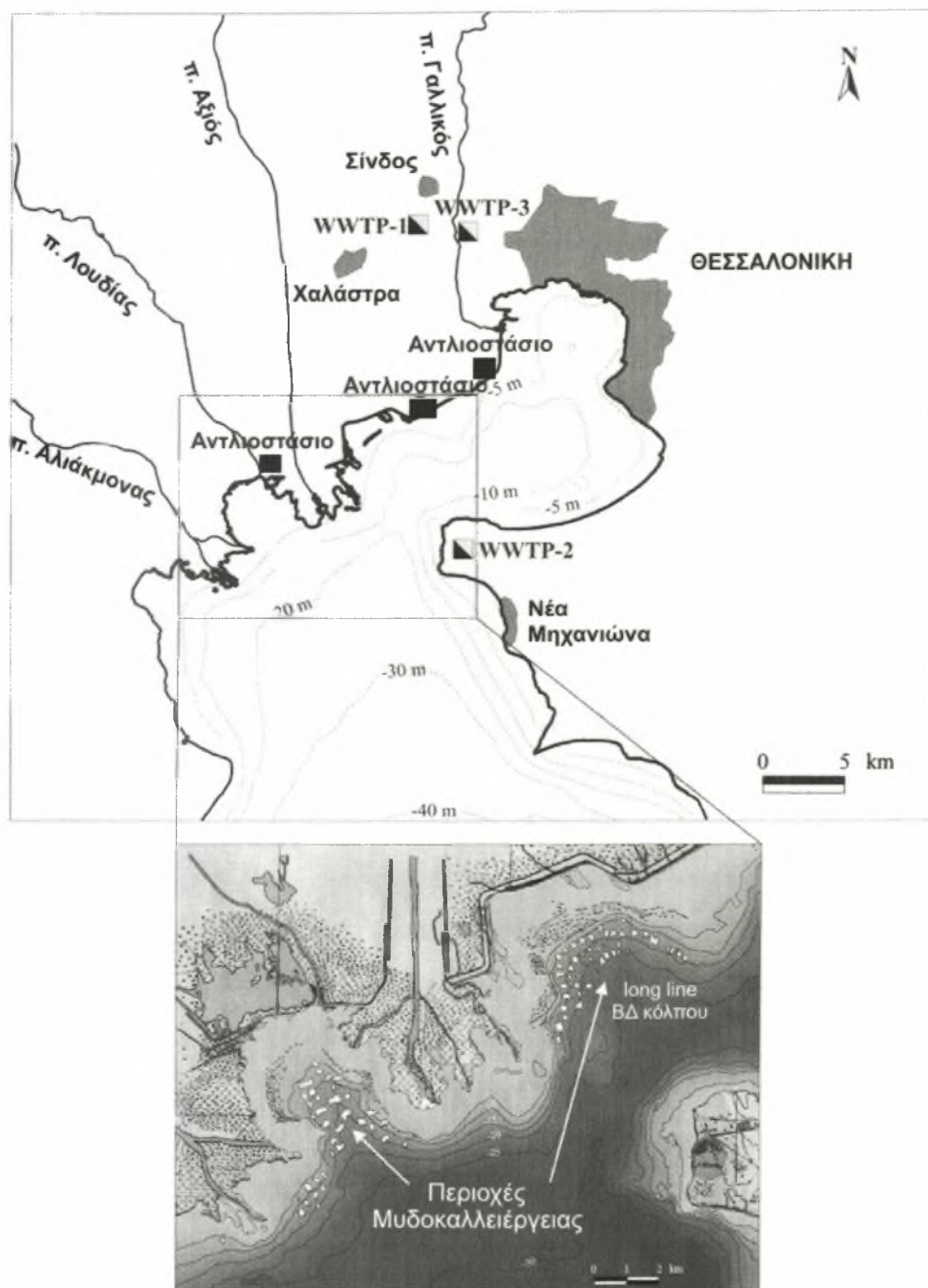
Οι τέσσερις μεγάλοι ποταμοί που εκβάλλουν στον Θερμαϊκό επηρεάζουν την παραγωγικότητα και την τροφική αλυσίδα στον κόλπο. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις θρεπτικών προέρχονται από τις δραστηριότητες στην υδρολογική λεκάνη των ποταμών. Όπως φαίνεται στον πίνακα 2, η ετήσια συνολική εισροή αζώτου από τους ποταμούς το διάστημα 1980-1985 ήταν 9745 t, 2137 t φωσφόρου και στο διάστημα 1995-2000 ήταν 9.236 άζωτο t και 2394 t φωσφόρου. Παρατηρείται δηλαδή μια μείωση του αζώτου και αύξηση του φωσφόρου.

Πιν. 2. Εισροή θρεπτικών στον Θερμαϊκό κόλπο σε πενταετή διαστήματα (Karageorgis et al., 2004).

Σημειακές Πηγές Θρεπτικών	TN (t)				TP (t)			
	1980–1984	1985–1989	1990–994	1995–2000	1980–1984	1985–1989	1990–1994	1995–2000
Αξίος	6,137	5,679	4,702	5,148	1,691	1,283	948	1,908
Αλιάκμων	2,028	2,721	1,764	2,508	102	90	33	142
Λουδίας	1,240	1,240	1,240	1,240	315	315	315	315
Γαλλικός	340	340	340	340	29	29	29	29
Σύνολο Ποταμών	9,745	9,980	8,046	9,236	2,137	1,717	1,325	2,394
Αντλιοστάσια	1,524	1,524	1,524	1,524	161	161	161	161
Ανεπεξέργαστα Αστικά Λύματα Θεσσαλονίκης	3,485	3,485	265	24	871	871	680	600
WWTP- Θεσσαλονίκης	-	-	672	950	-	-	153	243
WWTP- Μηχανιώνας	-	-	-	2	-	-	-	1
WWTP- Βιομηχανική Περιοχή	27	27	27	27	14	14	14	14
Σύνολο	14,781	15,016	10,534	11,763	3,183	2,763	2,333	3,413

Τα αστικά λύματα της Θεσσαλονίκης και ακτής Θερμαϊκού καθώς και η απομάκρυνση των νερών της στράγγισης της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης, πραγματοποιούνται μέσω εγκαταστάσεων βιολογικών καθαρισμών και αντλιοστασίων, σε θέσεις που καταγράφονται στην εικόνα 15. Αναλυτικότερα, τα αστικά λύματα για δεκαετίες απορρίπτονταν στον κόλπο ανεπεξέργαστα. Η

ποσότητα υπολογίζεται στα 100.000 m³ την ημέρα. Ο σταθμός βιολογικού καθαρισμού της Θεσσαλονίκης WWTP-1 που είναι εγκατεστημένος στην Σίνδο συγκεντρώνει πλέον τα αστικά λύματα από την Θεσσαλονίκη και ενώ άρχισε η κατασκευή του το 1983, τέθηκε σταδιακά σε λειτουργία. Το 1997 άρχισε η λειτουργία του βιολογικού καθαρισμού των τουριστικών περιοχών WWTP-2 που είναι εγκατεστημένος στην Ν. Μηχανιώνα. Τα απόβλητα της βιομηχανικής περιοχής συγκεντρώνονται και μεταφέρονται στον βιολογικό σταθμό WWTP-3 της Σίνδου που κατασκευάστηκε το 1978 και αναβαθμίστηκε το 1991. Η μονάδα βιολογικού καθαρισμού των αστικών λυμάτων της Θεσσαλονίκης απελευθερώνει σημειακά πλέον 950 t αζώτου και 243 t φωσφόρου.



Εικ. 14. Θέση και τύπος των εγκαταστάσεων βιολογικού καθαρισμού. WWTP-1 : αστικός βιολογικός καθαρισμός Σίνδου. WWTP-2: αστικός βιολογικός καθαρισμός Ν. Μηχανιώνας WWTP-3: βιομηχανικός βιολογικός καθαρισμός Σίνδου. Ένθετη εικόνα: περιοχές μυδοκαλλιέργειας. (Επεξεργασμένη εικόνα από Karageorgis et al., 2004).

Ο λόγος του διαλυμένου αζώτου προς τον διαλυμένο φώσφορο (N:P) έχει πολύ χαμηλές τιμές, με μέση τιμή 0,6 (άνοιξη) και 4,9 (χειμώνα) (Pagou et al., 2003), σε σχέση με την ιδανική αναλογία όπως ορίζεται από τον λόγο N:P του Redfield και είναι 16:1 (Redfield, 1934). Ο Redfield βρήκε ότι η αναλογία στα δομικά στοιχεία του

φυτοπλαγκτού της θάλασσας C:N:P είναι 106:16:1 και ταυτίζεται με την χημική σύσταση των ωκεανών. Θεωρήθηκε ότι μπορεί η αναλογία αυτή να έχει ευνοϊκή επίδραση στην ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής στους ωκεανούς. Το υδάτινο περιβάλλον στην περιοχή έρευνας φαίνεται να δέχεται όχι μόνο αστικά απόβλητα πλούσια σε φωσφόρο αλλά και επιπλέον επιβάρυνση από την εισροή των ποταμών (Karageorgis et al., 2004). Από το 1995 έως το 2002 ο λόγος N:P στην περιοχή μελέτης μειώθηκε και αυτό μπορεί να οδηγεί σε «ανθίσεις» φυτοπλακτού, πολλές φορές τοξικού (Pagou et al., 2003; SoHeIME, 2005). Τα ορθοφωσφορικά που εισρέουν στον Θερμαϊκό από τους ποταμούς είναι στο ίδιο υψηλό επίπεδο με αυτά που εισρέουν στον κόλπο της Λυών από τον Ρήνο (EEA, 1999). Η ύπαρξη θρεπτικών είναι μεγαλύτερη κατά την περίοδο του χειμώνα και της άνοιξης που είναι αυξημένη η παροχή των ποταμών, σε αντίθεση με το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Επίσης η μυδοκαλλιέργεια στην περιοχή συμβάλει στον ευτροφισμό, λόγω της ικανότητας των μυδιών να μετατρέπουν τα θρεπτικά σε ανόργανα στοιχεία (Karageorgis et al., 2004).

Η μέση ετήσια παροχή του Αξιού ήταν στο παρελθόν $5.0 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ έτος}^{-1}$ και στην περίοδο 1995–2000 μειώθηκε σε $3.4 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ έτος}^{-1}$. Οι φερτές ύλες υπολογίζονται σε $1-2 \times 10^6 \text{ t έτος}^{-1}$, ενώ πρόσφατες μελέτες δείχνουν 10-20 φορές μικρότερες ποσότητες ($0.1 \times 10^6 \text{ t έτος}^{-1}$) (Karageorgis & Anagnostou, 2001). Η μείωση οφείλεται στα φράγματα που μειώνουν την παροχή του ποταμού.

Στην υδρολογική λεκάνη του Αξιού γίνεται εξόρυξη και επεξεργασία ορυκτών που περιέχουν μόλυβδο και ψευδάργυρο (Pb-Zn). Στην Πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία Μακεδονίας (Π.Γ.Δ.Μ.) λειτουργούν τα εργοστάσια ενισχυμένων κραμάτων στο Jegunovce, των χημικών στα Σκόπια, το εργοστάσιο τήξης του μόλυβδου στο Veles, το ορυχείο μόλυβδου και ψευδαργύρου στο Probistip, και το υδροηλεκτρικό εργοστάσιο στα Bitola. Από τα απόβλητα ένα μικρό μέρος υπόκειται σε βιολογικό καθαρισμό π.χ. το 1993 ήταν το 6% μιας ποσότητας $420 \times 10^6 \text{ m}^3$ (1996) (National Environmental Action Plan - NEAP) (NEAP., 1996). Αυτές οι περιοχές είναι πηγές βαρέων μετάλλων. Η πιο σημαντική σημειακή πηγή εισροής θρεπτικών είναι το εργοστάσιο παραγωγής λιπασμάτων στο Veles, και το φορτίο που απελευθερώνει ετησίως στον Αξιό υπολογίζεται σε 4.600 t φώσφορο και 1600 t άζωτο (United Nation Environment Program - UNEP) (UNEP., 2000).

Η συνολική κατανάλωση λιπασμάτων που περιέχουν άζωτο και φωσφόρο μειώθηκε το διάστημα 1994-2000 από 47.000 t σε 39.000 t (FAO 2002).

Η άρδευση των αγροτικών καλλιεργειών στην Π.Γ.Δ.Μ. βασίζεται σε 17 φράγματα που έχουν χωρητικότητα περισσότερο από $500 \times 10^6 \text{ m}^3$. Η κτηνοτροφία απαιτεί την διαθεσιμότητα νερού ασκώντας επιπλέον πίεση στα αποθέματα νερού. Επιπλέον η δραστηριότητα της κτηνοτροφίας αποδίδει μεγάλες ποσότητες αζώτου που εμπλουτίζει το έδαφος και τα νερά με περίσσια αζώτου. Η οργανική λίπανση συνολικά ανέρχεται σε $3 \times 10^6 \text{ t}$ και ικανοποιεί το 30% της απαίτησης της χώρας για λίπανση (NEAP, 1996).

Τα αστικά λύματα της γειτονικής χώρας που πέφτουν ανεπεξέργαστα στον Αξιό υπολογίζεται ότι περιέχουν $4.7000 \text{ t έτος}^{-1}$ άζωτο και 857 t έτος^{-1} φωσφόρο (NEAP, 1996).

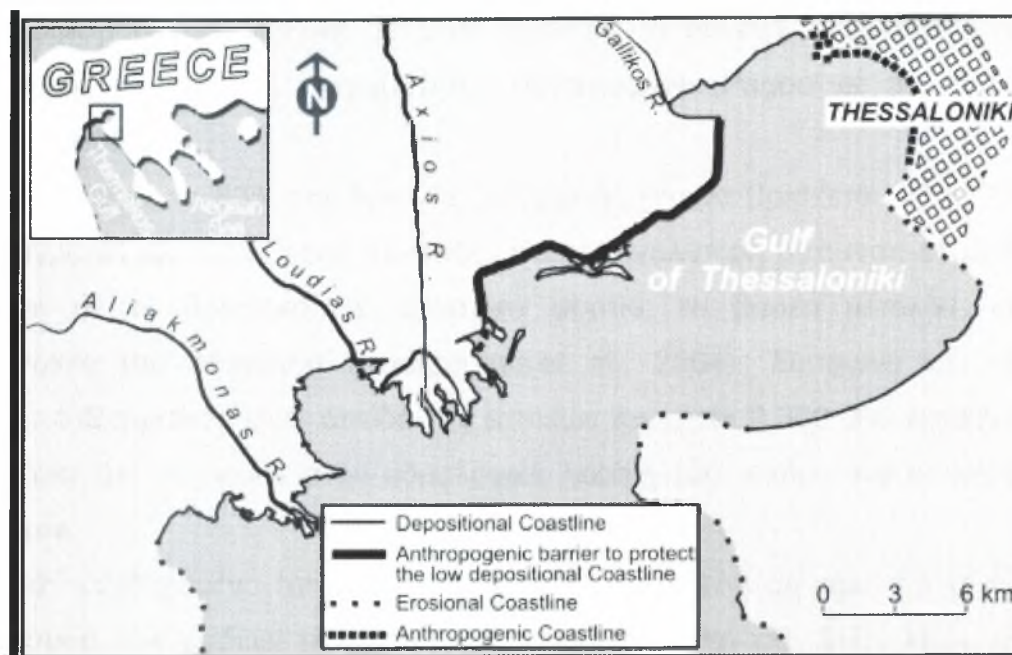
Στην Ελλάδα, μια μη σημειακή πηγή ρύπανση είναι οι εκτροφές στην υδρολογική λεκάνη του Αξιού, αν και η κατανάλωση λιπασμάτων μειώθηκε στην Ελλάδα από 696.000 t το 1990 σε 457.000 t το 2000 (FAO, 2002)

Η απαίτηση επίσης για άρδευση των αγροτικών καλλιεργειών στην Ελλάδα είναι ο κυριότερος παράγοντας που ασκεί πίεση στο περιβάλλον. Έτσι στον Αξιό από την δεκαετία του 1950 κατασκευάστηκε το φράγμα της Ελεούσα στον Προμαχώνα που εξυπηρετεί την άρδευση με εκτεταμένο δίκτυο καναλιών, ενώ η εξυπηρέτηση των αναγκών πάνω από το φράγμα γίνεται με άντληση. Η εκτροφή ρυζιού απαιτεί 3-4 φορές περισσότερο νερό από τις άλλες εκτροφές και κάτω από το φράγμα καλύπτει έκταση 200 km^2 . Το χειμώνα και την άνοιξη το φράγμα είναι εν μέρει ανοιχτό και είναι ρυθμιστής της ροής, διατηρώντας νερό για το καλοκαίρι (Konstantinidis, 1989).

Η συνολική ποσότητα που συνεισφέρει η βιομηχανία που είναι εγκατεστημένη στην υδρολογική λεκάνη του Αξιού στην Ελλάδα είναι 15 t άζωτο και 12 t φωσφόρος ετησίως.

1.4.6.2 Έργα

Το 1930 έγινε η εκτροπή της κοίτης του Αξιού και μεταφέρθηκε η εκβολή νοτιοδυτικά εκεί που βρίσκεται σήμερα επειδή υπήρχε κίνδυνος αποκλεισμού του λιμανιού της Θεσσαλονίκης με τις προσχώσεις (Enmoghroulos, 1961). Από τότε ο ποταμός δημιούργησε ένα εκτεταμένο δέλτα αλλά παράλληλα παρατηρήθηκαν και φαινόμενα διάβρωσης (Poulos et al., 1994). Στην εικόνα 16 φαίνεται το προστατευτικό ανάχωμα στην ακτογραμμή μεταξύ του Γαλλικού ποταμού και του Δέλτα του Αξιού.



- Αποθέσεις φερτών υλών
- Ανάχωμα
- . . . Διάβρωση στην ακτογραμμή
- Ανθρωπογενείς ακτογραμμές

Εικ. 15. Περιοχές στην ακτογραμμή που φαίνεται η απόθεση υλικού των ποταμών και φαινόμενα διάβρωσης καθώς και το προστατευτικό ανάχωμα (<http://www.encora.eu/coastalwiki>).

Τρία μεγάλα αντλιοστάσια στην περιοχή μελέτης αντλούν το νερό από τα αποχετευτικά κανάλια της πεδιάδας και αδειάζουν τα νερά στην περιοχή των μυδοκαλλιεργειών (Εικ. 15). Τα στραγγιστικά αντλιοστάσια κατασκευάστηκαν μετά τον εγκιβωτισμό της κοίτης των ποταμών Αξιού και Γαλλικού και την κατασκευή των παράκτιων αναχωμάτων. Επειδή η περιοχή είναι χαμηλότερη από τη στάθμη της θάλασσας έπρεπε να προστατευτεί τόσο από τα στραγγιστικά – πλημμυρικά νερά, όσο και απ' τη θάλασσα (Ν.Α.Θ., 1999)

1.4.6.3 Ρύπανση

Ο ΒΔ κόλπος της Θεσσαλονίκης είναι αποδέκτης τεράστιου ρυπαντικού φορτίου από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις. Η ρύπανση αυτή οφείλεται σε κατακρημνίσεις, εκπλύσεις εδαφών, από πλοία και σκάφη μυδοκαλλιέργειας, εναποθέσεις ρύπων στη ξηρά, και εκβολές υποθαλάσσιων αγωγών. Η συνεχής επιβάρυνση της θάλασσας με ρύπους την μετατρέπουν σε εύτροφη. Το φαινόμενο

του ευτροφισμού κορυφώθηκε μετά το 1992 με τη συνεχή παρουσία «ερυθρών παλιρροιών» και μαζικές θνησιμότητες οργανισμών (Pagou et al., 2003 από SoHelME, 2005).

Ο Αξιός με το 83% της λεκάνης απορροής του να βρίσκεται στην Π.Γ.Δ.Μ., έχει καταγραφεί ως ο δεύτερος ποταμός με την μεγαλύτερη ρύπανση στην Ελλάδα σε σχέση με τα θρεπτικά, το οργανικό φορτίο, τα βαρέα μέταλλα, και την συγκέντρωση του οξυγόνου (Karageorgis et al., 2004). Σύμφωνα με τον ίδιο ερευνητή, ο Θερμαϊκός είναι αποδέκτης αστικών λυμάτων 3.300.000 κατοίκων που υπολογίζεται ότι κατοικούν στην υδρολογική λεκάνη του, καθώς και βιομηχανικών αποβλήτων.

Στον επιβαρυσμένο αποδέκτη προστίθεται η εναπόθεση των προϊόντων του μεταβολισμού των μυδιών (κόπρανα και ψευδοκόπρανα) στο βυθό κάτω από τις μονάδες καθώς και τα παραπροϊόντα της διαχείρισης των μυδοκαλλιεργιών (πχ. αραιώσεις). Η ποσότητα των προϊόντων μεταβολισμού είναι ιλυώδους μορφής και εξαρτώνται από τη μεταβολική τους δραστηριότητα. Η διαχείριση της μυδοκαλλιέργειας παράγει ακόμη μεγάλο όγκο ρύπων όπως χρησιμοποιημένα δίχτυα αρμαθιών, κελύφη νεκρών μυδιών, μάζες φυκών, επιβιώτες και άλλα οργανικά υπολείμματα (ΕΚΘΕ, 2001).

1.4.7 Προβλήματα που αφορούν την περιοχή μυδοκαλλιέργειας της Χαλάστρας

- Εμφάνιση τοξικού φυτοπλακτού

Στον Θερμαϊκό η ανταπόκριση του φυτοπλακτού στον ευτροφισμό από το 1980 έως το 1995 ήταν η εμφάνιση «ανθήσεων» διατόμων κατά την διάρκεια του καλοκαιριού (Moncheva et al., 2001). Η επικράτηση των διατόμων αποδόθηκε στην ικανότητα τους να εκμεταλλεύονται τα υψηλά επίπεδα θρεπτικών ιδιαίτερα του πυριτίου (Si). Μετά το 1995 σύμφωνα με τους Karageorgis et al. (2004), ακολουθούν οι ανθήσεις του είδους *Dinophysis acuminata*, Claparède et Lachmann, 1859 που περιέχει τοξίνη (Gosling, 2003c) προκαλώντας διαρροϊκό σύνδρομο (Diarrhetic Shellfish Poisoning - DSP). Η πρώτη αναφορά έγινε τον Ιανουάριο μέχρι τον Μάιο του 2000 με συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από την συγκέντρωση των 1000 κυττάρων l⁻¹ που θεωρείται ότι προκαλεί προβλήματα τοξικότητας. Κατόπιν εμφανίστηκε την άνοιξη του 2001 με συγκεντρώσεις πολύ μικρότερες 100-500 κυττάρων l⁻¹. Το 2002 εμφανίστηκε το διάστημα Φεβρουαρίου - Μαΐου. Τα μύδια στις περιόδους αυτές

παραμένουν στις μονάδες για μεγάλα διαστήματα, μέχρι να κριθούν κατάλληλα για κατανάλωση από την αρμόδια για την δημόσια υγεία Δ/ση Κτηνιατρικής της Ν.Α.Θ. και πωλούνται σε χαμηλότερες τιμές. Στο διάστημα αυτό μπορεί να χαθεί η παραγωγή λόγω της αύξησης του βάρους της αρμαθιάς, αν δεν γίνουν οι απαραίτητες αραιώσεις. Οι οικονομικές απώλειες που οφείλονται στο τοξικό φυτοπλαγκτό εκτιμάται ότι είναι € 3 εκατομμύρια ετος⁻¹ (Karageorgis et al., 2004).

- Μείωση σωματικού βάρους

Ο ρυθμός αύξησης των μυδιών σε μήκος και βάρος ήταν εμφανώς μεγαλύτερος το 1996 σε σχέση με το 2000 (Κράββα, 2000; ΕΚΘΕ, 2001). Έτσι παρατηρήθηκε α) μείωση της παραγωγής ανά στρέμμα (από 35 t στρ⁻¹ σε 11 t στρ⁻¹) παρά την αύξηση της συνολικής παραγωγής που ωφειλόταν στην αύξηση της στρεμματικής κάλυψης (ένας από τους λόγους για τον οποίο έγινε και η εν λόγω μελέτη), β) μείωση της ποιότητας του προϊόντος (μικρότερο μήκος – βάρος) και γ) αύξηση του χρόνου παραμονής τους από τους 9 μήνες σε 12 μήνες όταν υπήρχαν επιβλαβείς «ανθήσεις».

- Υποβάθμιση ποιότητας νερού

Όσο περισσότερο είναι το αιωρούμενο υλικό και ο υδροδυναμισμός είναι μειωμένος, τόσο μεγαλώνει η εναπόθεση των ψευδοκοπράνων στον πυθμένα, υπονομεύοντας έτσι την ποιότητα της παραγωγής μυδιών και του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Σε κάποιες περιπτώσεις που υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση αιωρούμενων στο νερό παρατηρείται απόρριψη αυτών σαν ψευδοκόπρανα (Spenser, 2002). Έχει αναφερθεί εναπόθεση/συσσώρευση ψευδοκοπράνων ύψους ενός μέτρου σε διάστημα ενός έτους. Στους κόλπους Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού και στην περιοχή των μυδοκαλλιεργειών, οι ταχύτητες ρευμάτων που μετρήθηκαν ήταν ιδιαίτερα χαμηλές (<2 cm sec⁻¹). Για να αποφευχθεί η συσσώρευση οργανικού ρυπαντικού φορτίου (κόπρανα, ψευδοκόπρανα, υπολείμματα των διαχειριστικών ενεργειών της εκτροφής) κάτω από τις μυδοκαλλιέργειες στον πυθμένα, απαιτούνται ταχύτητες ρευμάτων 5 - 20 cm sec⁻¹.

- Επίδραση στο περιβάλλον

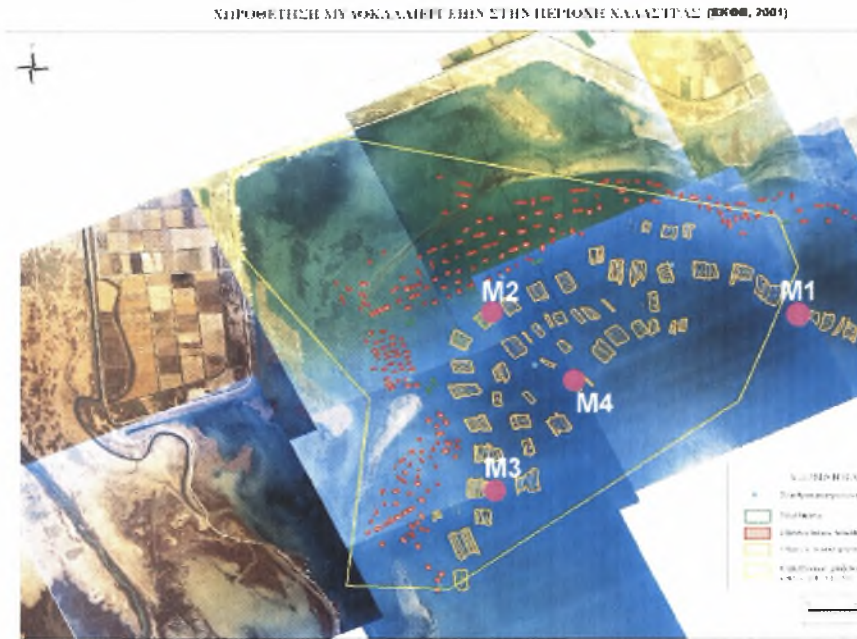
Ωστόσο εντατικές εκτροφές με μεγάλες πυκνότητες μυδιών μπορούν να οδηγήσουν σε εξάντληση του τροφικού αποθέματος ή μεταβολή της σύνθεσης των πλαγκτονικών πληθυσμών σε άλλους πληθυσμούς με χαμηλή θρεπτική αξία και έχει ως συνέπεια τη μείωση του ρυθμού ανάπτυξης των μυδιών (Hickman, 1992).

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1.1 Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο ΒΔ κόλπο Θεσσαλονίκης όπου υπάρχει μυδοκαλλιεργητική δραστηριότητα σε πασσαλωτές και πλωτές μονάδες (Εικ. 17).

Οι μυδοκαλλιέργειες στην περιοχή αυτή είναι διατεταγμένες παράλληλα με την ακτογραμμή.



Εικ. 16. Περιοχή μελέτης. Ο χάρτης προέρχεται από επεξεργασμένη αεροφωτογραφία του ΕΚΘΕ (2001). Με κόκκινες κουκίδες φαίνονται οι μονάδες που χρησιμοποιούν το πασσαλωτό σύστημα και με κίτρινα διαγραμμισμένα πλαίσια οι μονάδες με το σύστημα longline, όπου σημειώθηκαν οι σταθμοί της παρούσας μελέτης M1, M2, M3, M4. Με κίτρινη γραμμή σημειώνεται η προτεινόμενη περιοχή ΠΟΑΥ στο πλαίσιο της συνθήκης Ramsar από το ΥΠ.Ε.ΧΩ.Δ.Ε.

Τα πασσαλωτά μυδοτροφεία έχουν γραμμές παραγωγής που στηρίζονται σε πασσάλους κάθετους στην θάλασσα. Τα μύδια τοποθετούνται σε αρμαθίες που αναρτώνται από τις γραμμές παραγωγής. Η ελάχιστη επιφάνεια της μονάδας είναι 500 m^2 , ενώ η μέγιστη 2 στρέμματα. Το πασσαλωτό σύστημα χρησιμοποιείται σε νερά βάθους 2,5-4 m.

Τα πλωτά συστήματα βάση της αδειοδότησής τους έχουν γραμμές παραγωγής μήκους 100 m σε απόσταση 10 m μεταξύ τους και οι μονάδες απέχουν

μεταξύ τους 150 m. Εγκαθίστανται σε βάθη 8-20 m και σε κάθε γραμμή αναρτώνται περίπου 200 αρμαθίες σε βάθος 3,5 m περίπου στις οποίες μεγαλώνουν τα μύδια. Το ελάχιστο μέγεθος της πλωτής μονάδας είναι 10 στρέμματα. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 25 χρόνων, μια σημαντική αύξηση της παραγωγής μυδιών εμφανίστηκε στην παράκτια περιοχή της εκβολής του Αξιού. Ειδικότερα 256 πασσαλωτές εκτροφές που καλύπτουν 275 στρέμματα και 55 long-line που καλύπτουν περίπου 10.000 στρέμματα, βρίσκονται βορειοανατολικά των εκβολών του Αξιού, στην περιοχή Χαλάστρας (Ε.Κ.Θ.Ε., 2001). Το 95% της παραγόμενης βιομάζας στην Ελλάδα, από εκτροφές βρίσκεται στην περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου (Ε.Κ.Θ.Ε., 2001).

2.1.2 Διάρκεια της μελέτης

Η παρούσα εργασία ξεκίνησε τον Ιανουάριο του 2006 και ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο του 2007. Η περίοδος δειγματοληψιών επεκτάθηκε πέρα του ενός έτους, προκειμένου να επιβεβαιωθεί η περίοδος εγκατάστασης του γόνου.

Οι δειγματοληψίες διενεργήθηκαν από το σκάφος «ΠΟΣΕΙΔΩΝΙΑ» (ΝΘ 999) σε δεκαπενθήμερη βάση και πραγματοποιήθηκαν συνολικά 20 πλόες.

2.1.3 Στρατηγική δειγματοληψίας

Για τις ανάγκες της εργασίας αυτής, επιλέχθηκαν 4 σταθμοί που να καλύπτουν όλη την περιοχή μελέτης, οι M1, M2, M3, M4 εκ των οποίων οι τρεις πρώτοι ήταν σε μυδοκαλλιέργειες στα άκρα και στο μέσον των ορίων της περιοχής και ο ένας (M4) αποτέλεσε το σταθμό αναφοράς γύρω στον οποίο κατά την περίοδο της μελέτης δεν υπήρχαν μονάδες. Η επιλογή των σταθμών έγινε με κριτήριο την όσο το δυνατόν πιο αντιπροσωπευτική θέση στην περιοχή των μυδοκαλλιεργειών. Οι συντεταγμένες των σταθμών και το βάθος τους φαίνονται στον πίνακα 3.

Πιν. 3. Συντεταγμένες και μέγιστο βάθος στους σταθμούς δειγματοληψίας.

Σταθμός	Γεωγρ. μήκος	Γεωγρ. πλάτος	Βάθος (m) σταθμού
M1	22° 41' 843	40° 34' 522	15
M2	22° 46' 062	40° 32' 300	10
M3	22° 45' 902	40° 31' 212	15
M4	22° 47' 068	40° 32' 700	23

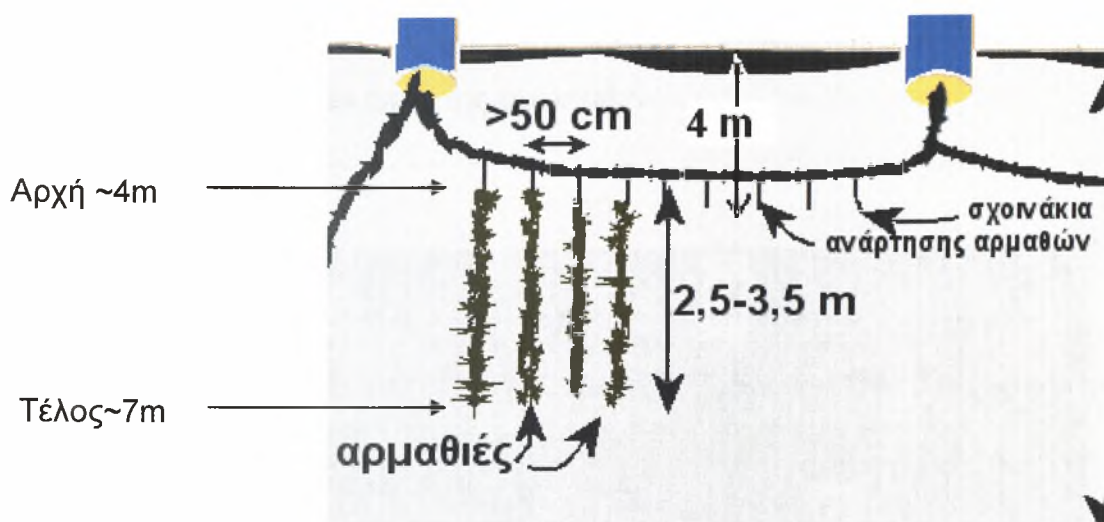
Οι μονάδες αδειοδοτούνται και ελέγχονται από αρμόδιες υπηρεσίες. Η κάθε μονάδα φέρει κωδικό αριθμό στην άδεια ίδρυσης και λειτουργίας της. Έτσι ο σταθμός M1 αντιστοιχεί στη μονάδα με κωδικό αριθμό 20, στο βορειοανατολικό άκρο των πλωτών μυδοκαλλιεργειών της περιοχής μελέτης. Το μέσο βάθος του σταθμού ήταν 15 m. Ο σταθμός M2 αντιστοιχεί στη μονάδα με κωδικό αριθμό 9 στο κέντρο όλων μυδοκαλλιεργειών της περιοχής μελέτης. Το βάθος του σταθμού ήταν 10 m. Ο σταθμός M3 αντιστοιχεί στη μονάδα με κωδικό αριθμό 3 στο νοτιοδυτικό άκρο των πλωτών μυδοκαλλιεργειών με βάθος 15 m. Ο σταθμός M4 που επιλέχθηκε ως σταθμός αναφοράς βρισκόταν έξω από τις μονάδες, προς την ανοιχτή θάλασσα, με βάθος 23 m (βλ. Εικ. 16).



Εικ. 17. Ανάρτηση της κεντρικής γραμμής (μάννα), για τη συλλογή αρμαθών και πραγματοποίηση των απαραίτητων μετρήσεων.

Από κάθε σταθμό μετά την ανύψωση της γραμμής παραγωγής (Εικ. 17) συλλέγονταν δείγματα από δύο αρμαθιές και από δύο θέσεις σε κάθε αρμαθιά (αρχή και τέλος). Οι θέσεις σε κάθε αρμαθιά αντιστοιχούν σε βάθη της μεν αρχής 4 m από την επιφάνεια της θάλασσας, του δε τέλους σε βάθος 7 m από την επιφάνεια της θάλασσας (Εικ. 18). Αρχικά συλλέχθηκαν μύδια και από τη μέση της αρμαθιάς αλλά στατιστικός έλεγχος σε παραμέτρους όπως πχ. το μήκος, δεν έδειξε στατιστικά

σημαντικές διαφορές σε σχέση με τις άλλες δύο θέσεις παρά μόνο στην αρχή και στο τέλος της και ως εκ τούτου αποφασίστηκε η συλλογή δειγμάτων μόνο από την αρχή (πάνω μέρος) και το τέλος της κάθε αρμαθιάς.



Εικ. 18. Επεξεργασμένη εικόνα από σχηματική απεικόνιση πλωτού μυδοτροφείου όπως το λειτουργούν οι μυδοκαλλιεργητές στους κόλπους Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού. Επισημαίνονται η αρχή και το τέλος κάθε αρμαθιάς από όπου λαμβάνονταν το δείγμα (τμήμα αρμαθιάς) (Γαληνού-Μητσούδη 2003).

2.2 Πρωτόκολλο δειγματοληψίας

Κατά τη διάρκεια των εργασιών στο πεδίο, καταγράφηκαν και συγκεντρώθηκαν τα ακόλουθα σε κάθε σταθμό:

2.2.1 Μετεωρολογικά στοιχεία

Σε κάθε δειγματοληψία καταγράφηκαν τα τρέχοντα μετεωρολογικά στοιχεία όπως ηλιοφάνεια, κυματισμός, άνεμος (ένταση κατεύθυνση με το ανεμόμετρο του σκάφους).

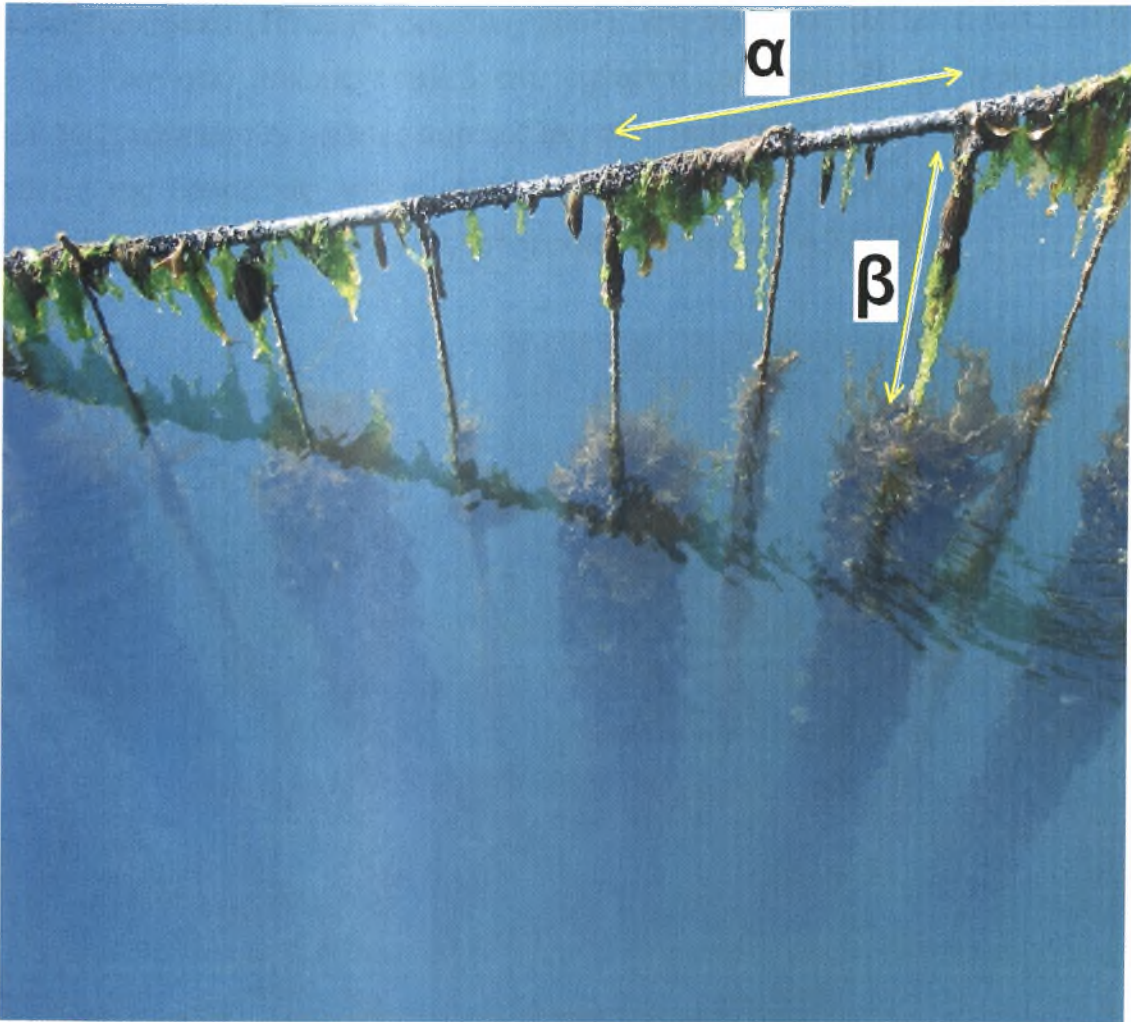
Επιπλέον, μετεωρολογικά στοιχεία για την περίοδο μελέτης, ελήφθησαν από το Περιφερειακό Μετεωρολογικό Κέντρο Μακεδονίας της ΕΜΥ.

2.2.2 Διαχειριστικά στοιχεία.

Από κάθε σταθμό και σε κάθε δειγματοληψία, λαμβάνονταν παράμετροι διαχείρισης που θεωρήθηκε ότι σχετίζονται με το αντικείμενο της μελέτης. Έτσι, μετρήθηκαν:

- η απόσταση μεταξύ των αρμαθιών (Εικ. 18, 19),

- το μήκος του σχοινιού για την ανάρτηση των αρμαθών (Εικ. 19),
- το μήκος από δυο αρμαθιές από όπου θα ακολουθούσε η συλλογή δειγμάτων γόνου,
 - η περίμετρος των αρμαθών αυτών σε τρεις θέσεις τους (θέση ανάρτησης, μέση και ελεύθερο άκρο της αρμαθιάς)
 - το βάρος τους.

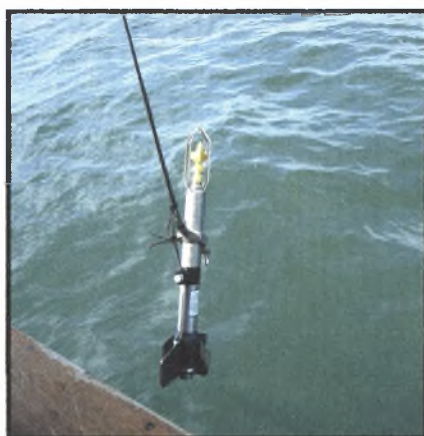
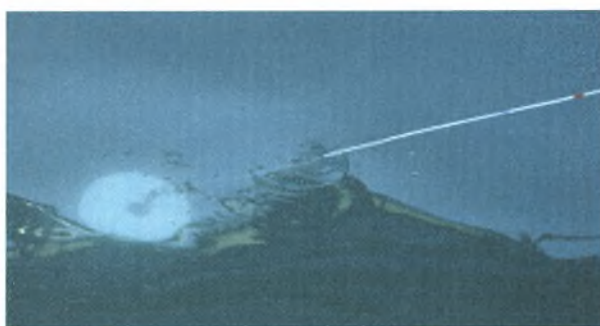


Εικ. 19. Ταυτόχρονη ανάρτηση από τη γραμμή παραγωγής (μάννα), αρμαθών με μύδια και συλλεκτήρων όπου φαίνονται η απόσταση μεταξύ τους (α) και το σχοινί ανάρτησης (β). Ανάμεσα σε κάθε δύο αρμαθιές τοποθετήθηκε συλλεκτήρας γόνου.

Καταγράφηκε επίσης και η περίοδος τοποθέτησης/αραίωσης της αρμαθιάς η οποία διασταυρώθηκε εκτός από τα ευρήματα και από πληροφορίες που λαμβάνονταν από τους μυδοκαλλιεργητές.

2.2.3 Άλλες μετρήσεις

Παράλληλα με τη μελέτη αυτή πραγματοποιήθηκαν σε κάθε σταθμό μετρήσεις διαφάνειας με τη βοήθεια του δίσκου του Secchi (Εικ. 21) , αλατότητας και θερμοκρασίας με το θερμοσαλινόμετρο (Conductivity, Temperature, Depth - CTD) (Εικ. 20) από τον Κοτζίνο (2007), κατεύθυνσης και έντασης ρευμάτων με ρευματογράφο από τους Savvidis et al. (2007) (Εικ. 22). Επίσης δείγματα νερού συλλέχθηκαν για την εκτίμηση της φυτοπλαγκτονικής βιομάζας, του ολικού οργανικού άνθρακα (TOC) (Αβραμίδου, 2007), του οξυγόνου (Μωρίκη κ.ά., 2008). Με δίχτυ πλαγκτού μήκους 118 ± 25 cm, εμβαδού στεφάνης 21 cm^2 και μέγεθος ματιού 100 μm γίνονταν κάθετες σύρσεις σε κάθε σταθμό, από τον πυθμένα έως την επιφάνεια της θάλασσας, για τη συλλογή των νυμφικών σταδίων του μυδιού τα οποία αναλύθηκαν και εκτιμήθηκαν, (αδημοσίευτα στοιχεία: Α.Τ.Ε.Ι.Θ.).



Εικ.20. Αριστερά: το CTD κατά την πόντιση (Κοτζίνος 2007).

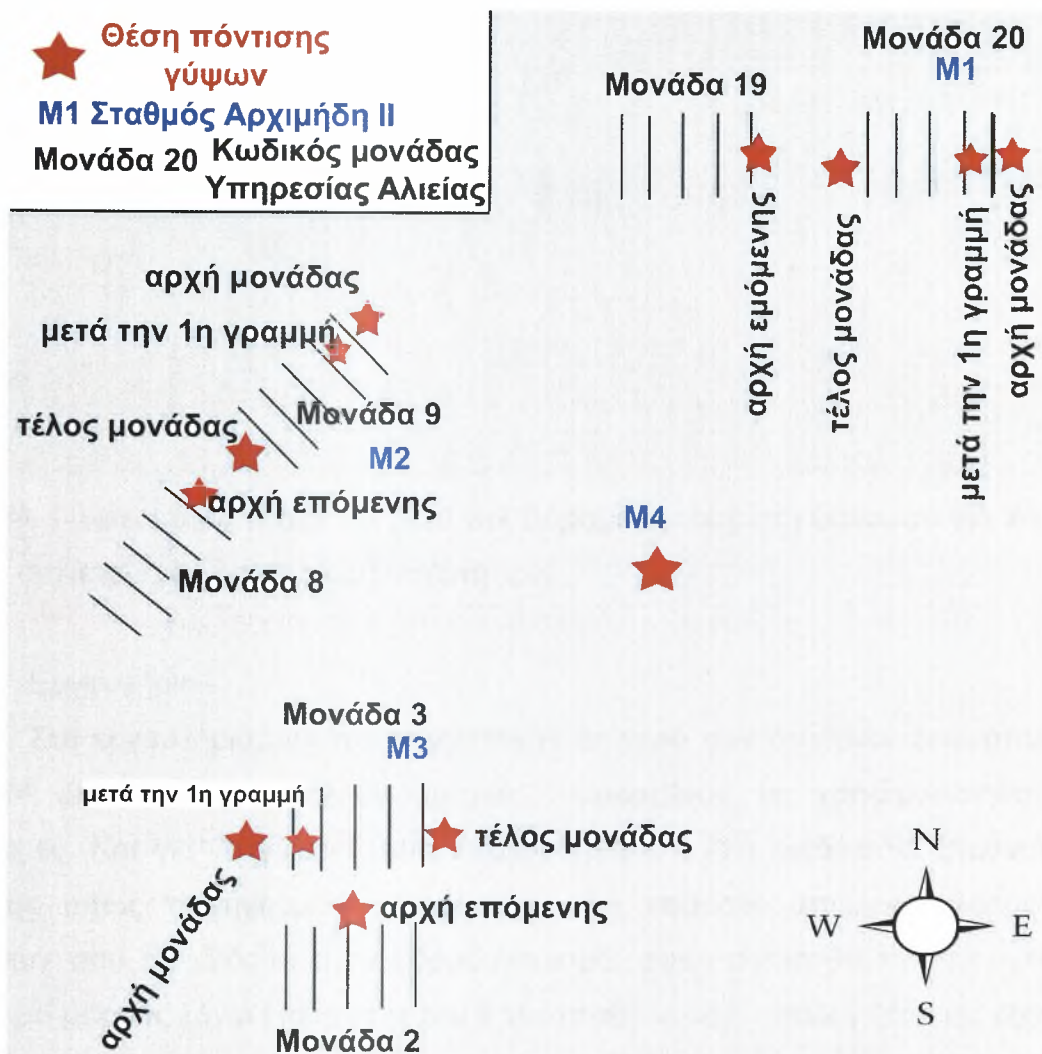
Εικ.21. Πάνω δεξιά: ο δίσκος του Secchi κατά την πόντιση (Κοτζίνος 2007).

Εικ. 22. Κάτω δεξιά ο μηχανικός ρευματογράφος κατά την πόντιση (Α.Τ.Ε.Ι.Θ. 2007)

2.2.4 Σχετικός υδροδυναμισμός (γύψινοι όγκοι)

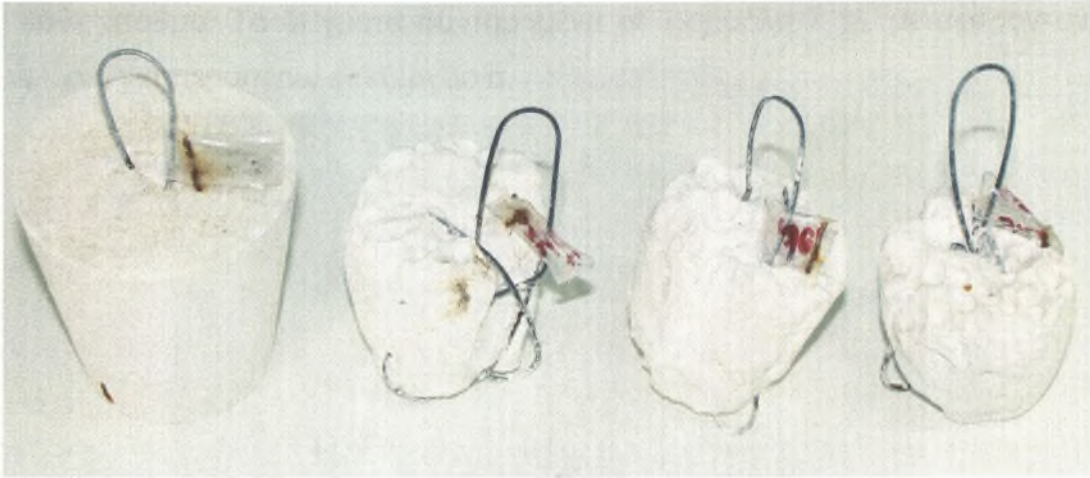
Πεδίο

Για την ταυτόχρονη εκτίμηση του σχετικού υδροδυναμισμού σε όλη την περιοχή μελέτης, κατασκευάστηκαν μικροί γύψινοι όγκοι στο εργαστήριο. Η μέθοδος βασίζεται στη διαφορά βάρους από τη διάβρωση των γύψινων λόγω υδροδυναμισμού (Kaandorp, 1986). Ως μήτρες χρησιμοποιήθηκαν μικρά δοχεία από διογκωμένη πολυστερίνη (φελιζόλ) των 130 ml, και κατά την παρασκευή της γύψου, η κατ' όγκο αναλογία γύψου-νερού ήταν 1:1. Τα παρασκευάσματα σημαίνονταν με τον κωδικό αρίθμησής τους και παρέμεναν σε θερμοκρασία δωματίου μέχρι σταθεροποίησης του βάρους τους μετά από ελέγχους ζύγισης οπότε και σημειώθηκαν τα ξηρά βάρη τους με ακρίβεια 0,01 g. Στο πεδίο και σε όλους τους σταθμούς, τα γύψινα ποντίστηκαν σε βάθος 5 m από την επιφάνεια της θάλασσας, βάθος όπου υπάρχει ο κύριος όγκος εκτρεφόμενων μυδιών και διατηρήθηκαν σε αυτό με πλωτήρα 5 l. Σε κάθε θέση ποντίστηκαν 5 γύψινα και υπήρχε και ένα γύψινο ως μάρτυρας. Οι θέσεις πόντισης ήταν τέσσερις σε κάθε έναν από τους τρεις σταθμούς με μυδοκαλλιέργεια (θέση «εισόδου» ρεύματος στη μονάδα, μετά την πρώτη γραμμή εκτροφής, θέση «εξόδου» ρεύματος από τη μονάδα και θέση «εισόδου» ρεύματος στην επόμενη μονάδα. Στο σταθμό M4, η θέση πόντισης ήταν μία. (Εικ. 23). Ως θέση «εισόδου» θεωρήθηκε γενικά η ανατολική πλευρά των μονάδων, βάση της πορείας των ρευμάτων λόγω της κίνησης της γης (Coriolis) από ανατολικά προς δυτικά.



Εικ. 23. Σχηματική απεικόνιση των θέσεων πόντισης γύψινων όγκων στους σταθμούς δειγματοληψίας (M1 – M4) στην περιοχή μελέτης. Στην απεικόνιση διατηρείται η σχετική θέση μεταξύ των μονάδων αλλά όχι η απόσταση και οι διαστάσεις τους. Όπου Μονάδα 2, 3, 8, 9, 19, 20 είναι οι κωδικοί των αδειών ίδρυσης και λειτουργίας των μονάδων από τις αρμόδιες υπηρεσίες (π.χ. Δ/ση Αλιείας Ν.Α.Θ.) (Α.Τ.Ε.Ι.Θ. 2007).

Τα γύψινα παρέμεναν στη θάλασσα για 24 ώρες και αφού ανασύρονταν, παραμένουν πάλι για ξήρανση μέχρι σταθεροποίησης του βάρους τους (Εικ. 24). Επίσης, από κάθε θέση πόντισης μεταφέρονταν νερό στο εργαστήριο, για να ποντιστούν επίσης για 24 ώρες τα γύψινα αναφοράς.



Εικ. 24. Γύψινοι όγκοι, πριν και μετά την παραμονή τους στη θάλασσα για 24 ώρες, όπου φαίνεται η διάβρωση που υπέστησαν.

Εργαστήριο

Στο εργαστήριο, γύψινα ποντίστηκαν σε νερό των σταθμών δειγματοληψίας για 24 ώρες, σε περιβάλλον ηρεμίας, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως μάρτυρες. Και για τα γύψινα αυτά ακολουθήθηκε η ίδια διαδικασία ξήρανσης και ζύγισης όπως προηγούμενα αναφέρθηκε. Το ποσοστό απώλειας βάρους των γύψινων που αποδίδεται στον υδροδυναμισμό, αφού αφαιρεθεί προηγουμένως η απώλεια βάρους λόγω επίδρασης του θαλασσινού νερού, υπολογίζεται ως εξής:

$$ROE(\%) = \left(\frac{WBE - WAE}{WBE} - \frac{WBE_{ref} - WAE_{ref}}{WBE_{ref}} \right) \cdot 100$$

όπου:

WBE = αρχικό βάρος γύψινων (πριν την πόντιση)

WAE = τελικό βάρος γύψινων (μετά την πόντιση)

WBE_{ref} = αρχικό βάρος γύψινων αναφοράς (πριν την πόντιση)

WAE_{ref} = τελικό βάρος γύψινων αναφοράς (μετά την πόντιση)

2.2.5 Βιολογικό υλικό (γόνος μυδιού)

Το κάθε δείγμα λήφθηκε από την αρχή της αρμαθιάς που βρισκόταν περίπου σε βάθος 4 m (βύθισμα μάνας + σκοινί ανάρτησης) και το τέλος της αρμαθιάς στα 7 m. Το μήκος του κάθε δείγματος ήταν 14-30 cm, ανάλογα με το μέγεθος των μυδιών. Το βιολογικό υλικό προήλθε από δείγματα δύο τμημάτων (Εικ. 25), δύο αρμαθιών

από κάθε σταθμό. Τα δείγματα συντηρημένα σε φορμόλη 7 %, μεταφέρονταν στο εργαστήριο για περαιτέρω επεξεργασία.

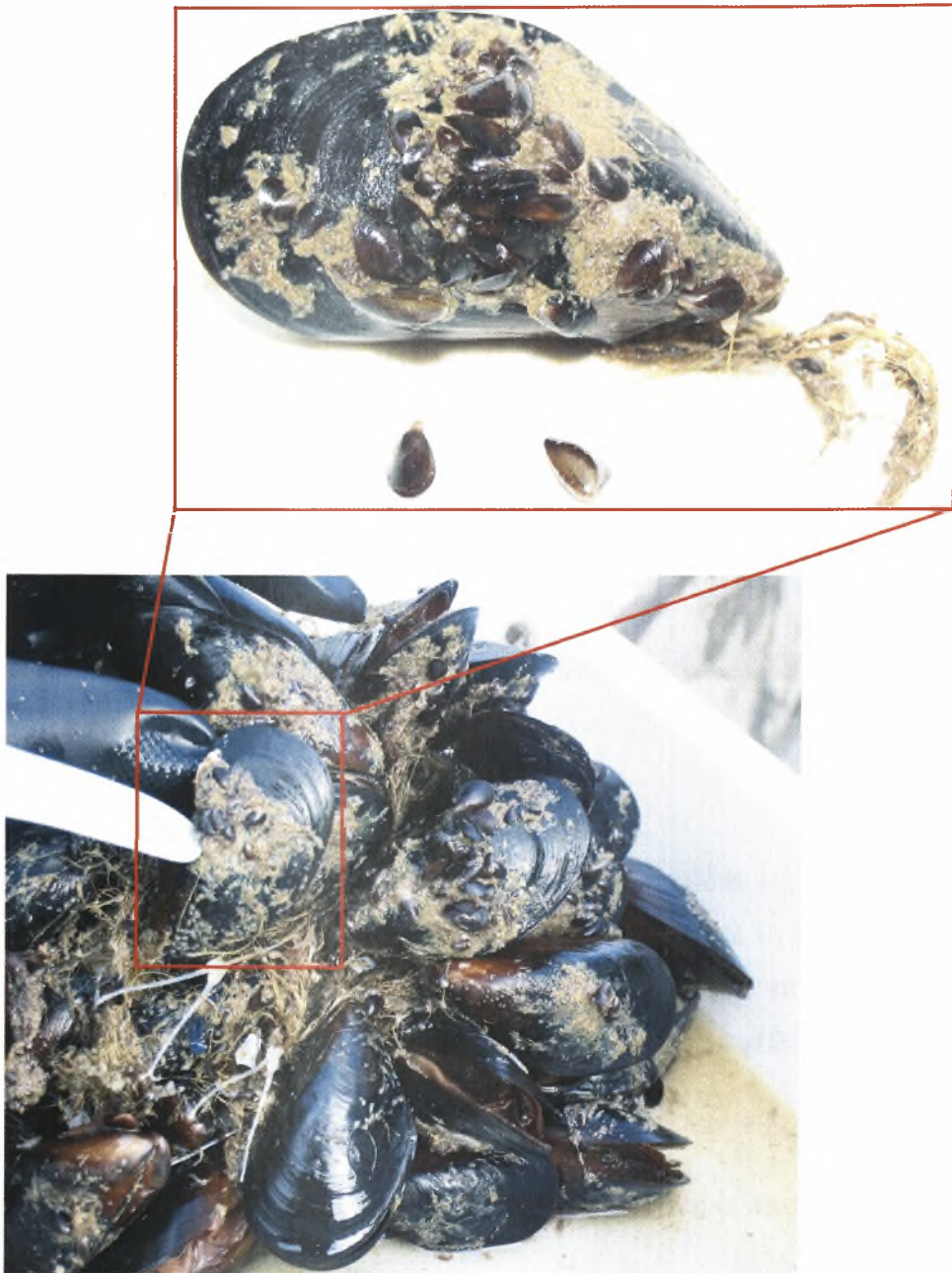


Εικ. 25. Τμήμα αρμαθιάς (δείγμα).

2.3 Εργαστήριο

2.3.1 Προετοιμασία δείγματος

Τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο χώρο του εργαστηρίου και στη συνέχεια κάθε δείγμα ξεχωριστά, ξεπλύθηκε σε κόσκινο με άνοιγμα «ματιού» 500 μm και αποκολλήθηκε ο γόνος μυδιών από τα μεγάλα μύδια (ΕΕικ. 26). Το πρωτογενές αυτό υλικό, καθαρίστηκε εκ νέου και απομακρύνθηκαν οι μακροσκοπικοί οργανισμοί των μυδιών όπως φύκη, ασκίδια, σπόγγοι, γαστερόποδα και κελύφη μυδιών.



Εικ. 26. Προετοιμασία δείγματος και αφαίρεση του γόνου.

Πριν την απομάκρυνση κυρίως των επιβιοτικών οργανισμών, αυτοί εξετάζονται για τυχόν γόνου που ήδη είχε προσκολληθεί πάνω τους ή είχε διαφύγει (Εικ. 27).



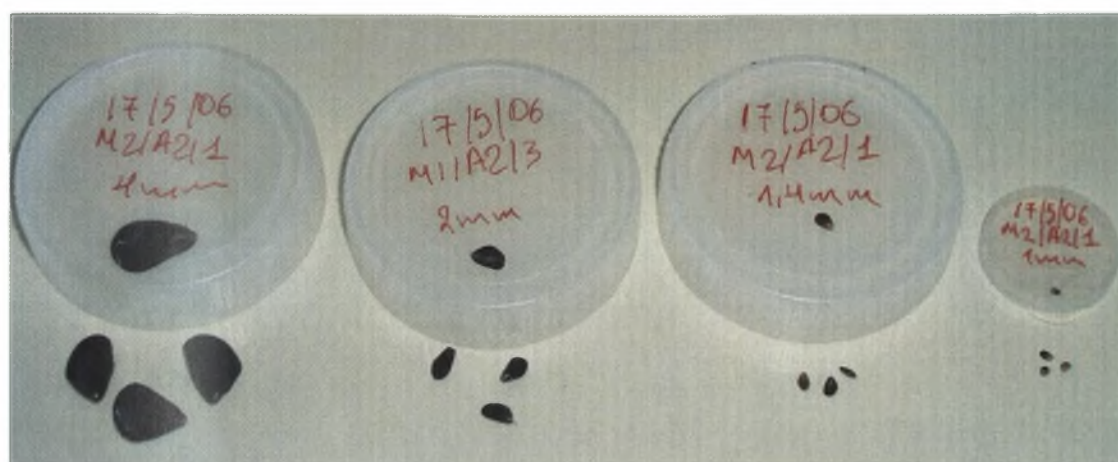
Εικ. 27. Επανέλεγχος για τυχόν διαφυγή γόνου.

2.3.2 Κλάσεις μεγέθους γόνου

Στην εργασία αυτή θεωρήθηκε γόνος τα νεαρά μύδια μήκους 2-20 mm. Η σύνθεση μηκών του γόνου προσδιορίστηκε για κάθε δείγμα με τη βοήθεια κόσκινων. Χρησιμοποιήθηκαν 4 κόσκινα με άνοιγμα ματιού : 1,0 mm, 1,4 mm, 2,0 mm, 4,0 mm. Τα κόσκινα βρέθηκε ότι μπορούσαν να συγκρατήσουν τα μεγέθη του γόνου όπως ακριβώς παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίν. 4).

Πιν. 4. Μέσο μήκος και μέσο ύψος του γόνου σε κάθε κόσκινο που χρησιμοποιήθηκε για τις κλάσεις μεγέθους του γόνου.

Άνοιγμα ματιού κόσκινου	Μέσο μήκος (mm)	Μέσο ύψος (mm)
1,0 mm	2,03	1,13
1,4 mm	3,10	1,90
2,0 mm	7, 67	4,53
4,0 mm	16,33	9,43



Εικ. 28. Ο γόνος στις τέσσερις κλάσεις μεγέθους (4,0 mm-2,0 mm-1,4 mm-1,0mm).

Για το διαχωρισμό των μυδιών στις 4 κλάσεις μεγέθους (Εικ. 28), τα κόσκινα αυτά τοποθετούνταν σε στήλη, το ένα πάνω στο άλλο (Εικ. 29), με το μεγαλύτερο κόσκινο των 4 mm στην κορυφή και το μικρότερο κόσκινο μεγέθους 1 mm, στη βάση της στήλης. Η διαδικασία είναι η αντίστοιχη της κοκκομετρίας με τη χρήση συνεχούς ροής νερού από την κορυφή της στήλης για να διευκολύνεται η διέλευση του γόνου στα υπόλοιπα κόσκινα. Το παραμένον υλικό από κάθε κόσκινο ξεχωριστά (Εικ. 30), ξεπλενόταν πάλι στη συνέχεια με υπερχειλίση για να απομακρυνθούν άλλοι ασπόνδυλοι οργανισμοί (π.χ. αμφίποδα) μέχρις ότου το δείγμα από κάθε κόσκινο να περιέχει μόνο άτομα γόνου μυδιού.



Εικ. 29. Τα κόσκινα που χρησιμοποιήθηκαν στον διαχωρισμό του γόνου σε μεγέθη.



Εικ. 30. Διαχωρισμένο δείγμα γόνου σε κλάσεις μεγέθους με βάση το άνοιγμα ματιού των κόσκινων που χρησιμοποιήθηκαν.

2.3.3 Μέτρηση της πυκνότητας του γόνου

Η διαδικασία για τον υπολογισμό της πυκνότητας του γόνου των μυδιών η οποία ακολουθήθηκε σε αυτή τη φάση ήταν η εξής: ο καθαρός πλέον γόνος από

κάθε κόσκινο τοποθετήθηκε σε μικρές λεκάνες. Αν δεν ήταν πολυάριθμος, μετρήθηκε στο σύνολό του. Εάν ήταν πολυάριθμος, λαμβάνονταν ομογενοποιημένα υποδείγματα του 1/2 έως 1/16, ανάλογα με την πυκνότητα του δείγματος και γινόταν η καταμέτρηση στα υποδείγματα και στη συνέχεια ο υπολογισμός της πυκνότητας του γόνου (Εικ. 31).



Εικ. 31. Καθαρός γόνος μεγέθους 1,4-2,0 mm, έτοιμος για καταμέτρηση.

Οι τιμές αυτές της πυκνότητας αφορούσαν στο κάθε τμήμα-δείγμα αρμαθιάς. Ο τελικός υπολογισμός της πυκνότητας του γόνου δόθηκε ανά m αρμαθιάς. Η επιλογή αυτή έγινε επειδή οι παραγωγοί βασίζονται σε μεγάλο βαθμό τη συλλογή γόνου μυδιού, από τις αρμαθιές της μονάδας τους.

Κατά τη διάρκεια της μελέτης (Φεβρουάριος 2006 - Μάρτιος 2007) συλλέχθηκαν 178.373 άτομα γόνου μυδιών, από το σύνολο των σταθμών.

2.4 Μεθοδολογία επεξεργασίας των μετρήσεων.

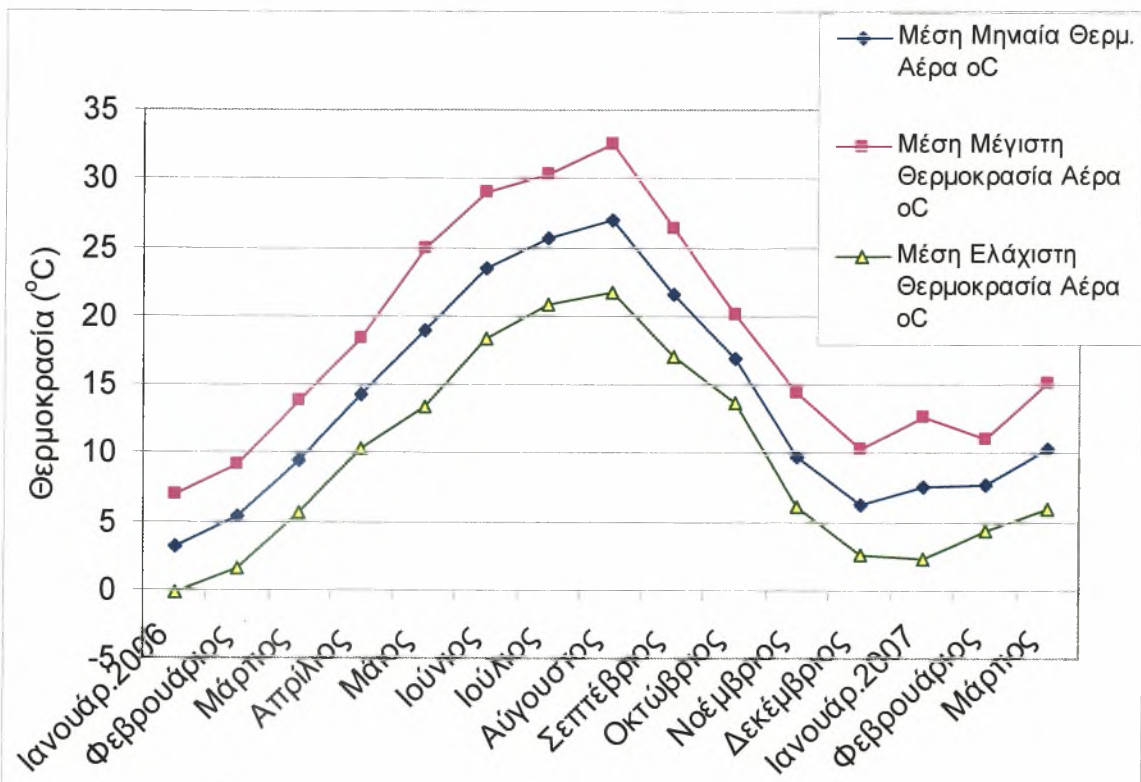
Η στατιστική επεξεργασία των στοιχείων βασίστηκε στον Πετρίδη (2000) και χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα MINITAB 14 και για κάποια γραφικά το Microsoft Excel 2003.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Μετεωρολογικά στοιχεία- Φυσικοχημικά

3.1.1 Θερμοκρασία αέρα

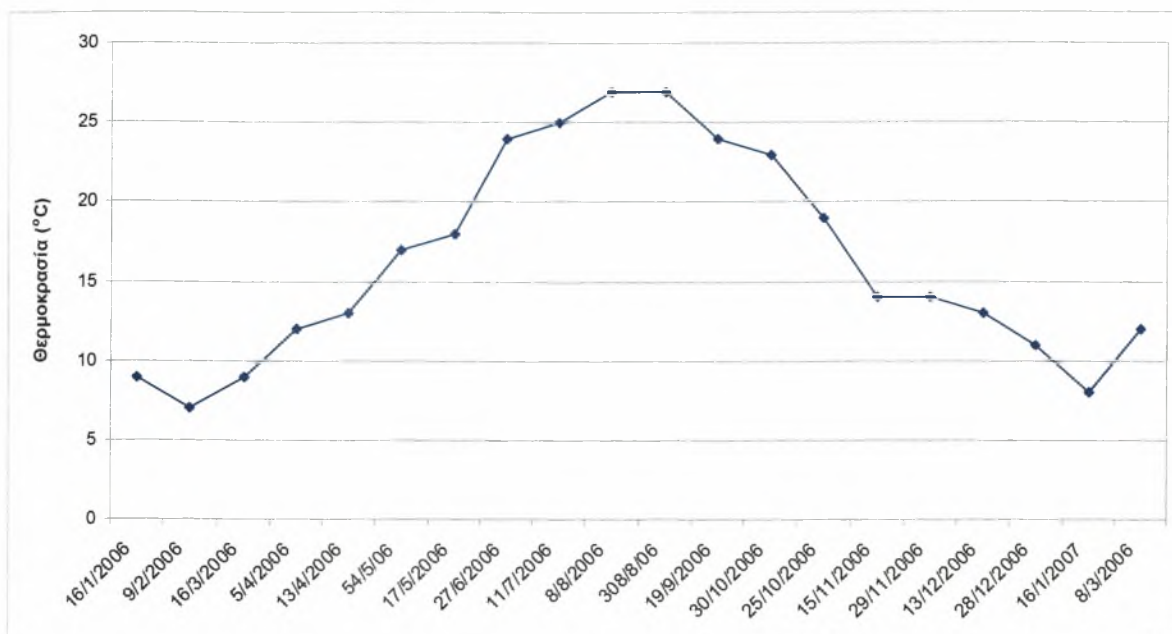
Οι μικρότερες μέσες θερμοκρασίες παρατηρήθηκαν τον Ιανουάριο και των δύο ετών και η μέγιστη τον Αύγουστο. Το μεγαλύτερο εύρος μεγίστων - ελαχίστων συμπίπτει με τις μέγιστες & ελάχιστες θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν τον Αύγουστο του 2006 και τον Ιανουάριο του 2007 αντίστοιχα (Εικ. 32).



Εικ. 32. Εποχιακή διακύμανση της ελάχιστης, μέσης και μέγιστης θερμοκρασίας αέρα κατά τη διάρκεια έρευνας. (Πηγή πρωτογενών στοιχείων: Περιφερειακό Μετεωρολογικό Κέντρο Μακεδονίας της ΕΜΥ).

3.1.2 Θερμοκρασία νερού

Οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες νερού παρατηρήθηκαν τον Αύγουστο και οι μικρότερες τον Φεβρουάριο του 2006 και τον Ιανουάριο του 2007 (Εικ. 33).



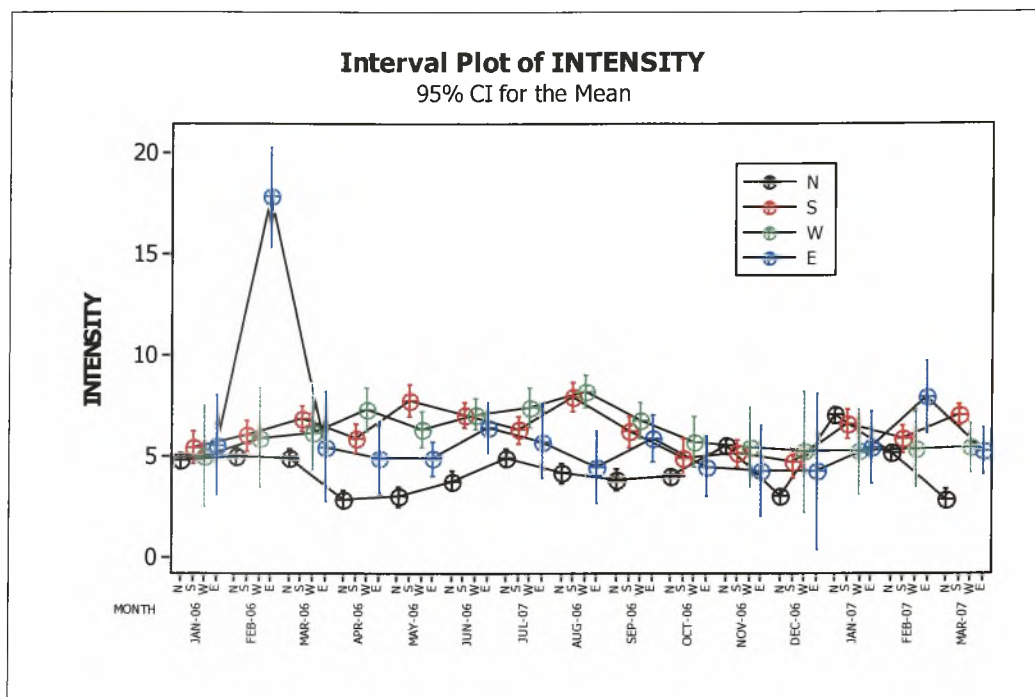
Εικ. 33. Μηνιαία μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού σε βάθος 5 m στην περιοχή μελέτης.

3.1.3 Άνεμος

Επικρατέστεροι άνεμοι σε όλη την περίοδο μελέτης υπήρξαν οι άνεμοι βόρειων διευθύνσεων. Οι άνεμοι αυτοί όμως ήταν και οι ασθενέστεροι σε σχέση με τους ανέμους των άλλων διευθύνσεων.

Η ένταση του ανέμου στην περιοχή μελέτης είχε τιμές από $3-7 \text{ m sec}^{-1}$ με εξαίρεση τον Φεβρουάριο του 2006 όπου εμφανίζεται ισχυρός ανατολικός άνεμος, έντασης μέχρι 20 m sec^{-1} (Εικ. 34).

Σύμφωνα με στοιχεία του Περιφερειακού Μετεωρολογικού Κέντρου Μακεδονίας της ΕΜΥ, επικρατέστερος άνεμος σε συχνότητα, για την περίοδο των δειγματοληψιών, είναι ο βόρειος με πολύ μεγάλο ποσοστό (45-75 %), με δεύτερο τον νότιο (20-38 %), και τρίτο τον δυτικό (2-10 %).



Εικ. 34. Ένταση των ανέμων που έπνεαν στην περιοχή μελέτης κατά την περίοδο δειγματοληψίας. (Πηγή πρωτογενών στοιχείων: Περιφερειακό Μετεωρολογικό Κέντρο Μακεδονίας της ΕΜΥ).

3.1.4 Σχετικός υδροδυναμισμός

Κατά τις ημερομηνίες πόντισης των γύψινων όγκων, οι ανεμολογικές συνθήκες όσον αφορά στη διεύθυνση των ανέμων παρουσιάζονται στον πίνακα 5. Φαίνεται ότι τον Μάρτιο η πόντιση έγινε με νότιο άνεμο με ποσοστό 46,88 %. Τον Οκτώβριο, επικρατέστερος άνεμος την ημερομηνία πόντισης, ήταν ο δυτικός, με ποσοστό 25 %. Τον Δεκέμβριο, επικρατέστερος άνεμος κατά την ημερομηνία πόντισης ήταν ο βόρειος, με ποσοστό 28,13 %. Χαρακτηριστικό είναι ότι κατά τις ποντίσεις του Οκτωβρίου και Δεκεμβρίου το μεγαλύτερο ποσοστό κατείχε η άπνοια.

Πιν. 5. Ποσοστά (%) ανέμων κατά την παραμονή των γύψων στις θέσεις πόντισης

Ημερομ.	16/3/06	3/10/06	13/12/06
B	15,63	9,38	28,13
N	46,88	6,25	6,25
A	0,00	6,25	12,50
Δ	3,13	25,00	6,25
α	34,38	53,13	46,88

Όπου Β=Βόρειος, Ν=Νότιος α=άπνοια

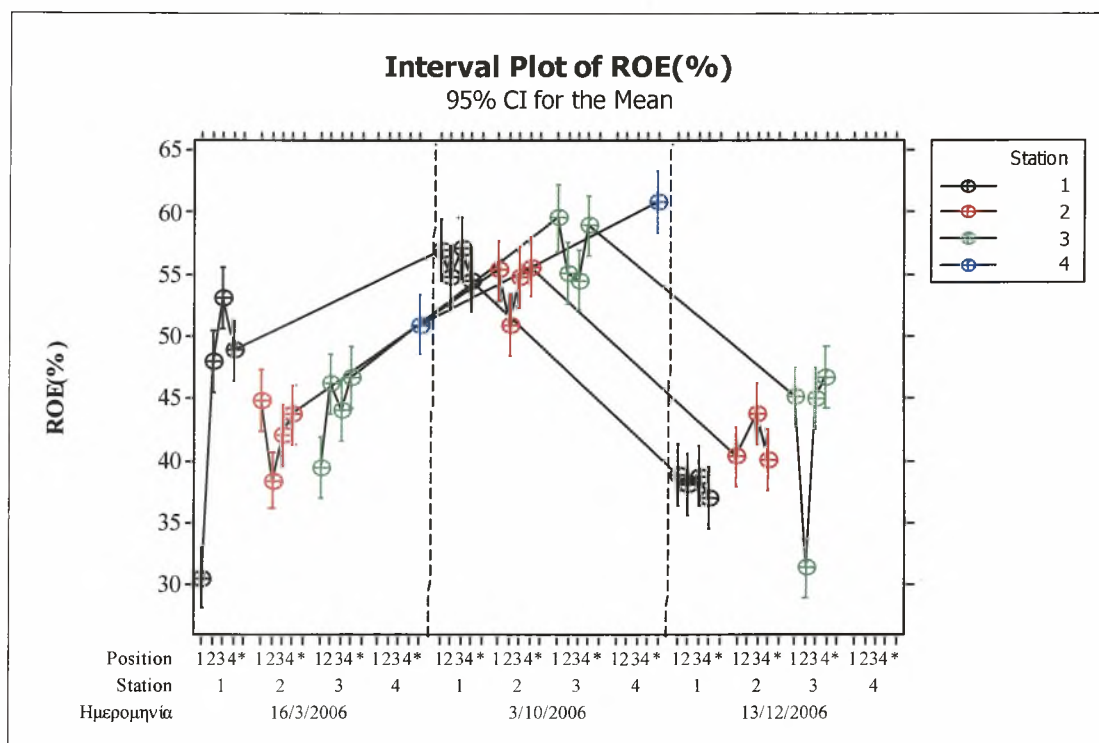
Ο μεγαλύτερος υδροδυναμισμός παρατηρήθηκε κατά την πόντιση του Οκτωβρίου όπου παρόλα τα μεγάλα ποσοστά άπνοιας επικρατέστερος άνεμος ήταν ο δυτικός. Η πόντιση κατά την περίοδο του Μαρτίου και του Δεκεμβρίου έδωσαν παρόμοιες τιμές (Εικ. 35).

Οι μετρήσεις του σχετικού υδροδυναμισμού (Εικ. 35) έδειξαν ότι:

Με νότιο άνεμο οι μονάδες M1 και M3 (στα άκρα της περιοχής των μονάδων), εμφανίζουν παρόμοιες τιμές υδροδυναμισμού με παρόμοιο τρόπο.

Με δυτικό άνεμο όλες οι μονάδες δέχονται τον ίδιο υδροδυναμισμό με σχεδόν παρόμοιο τρόπο.

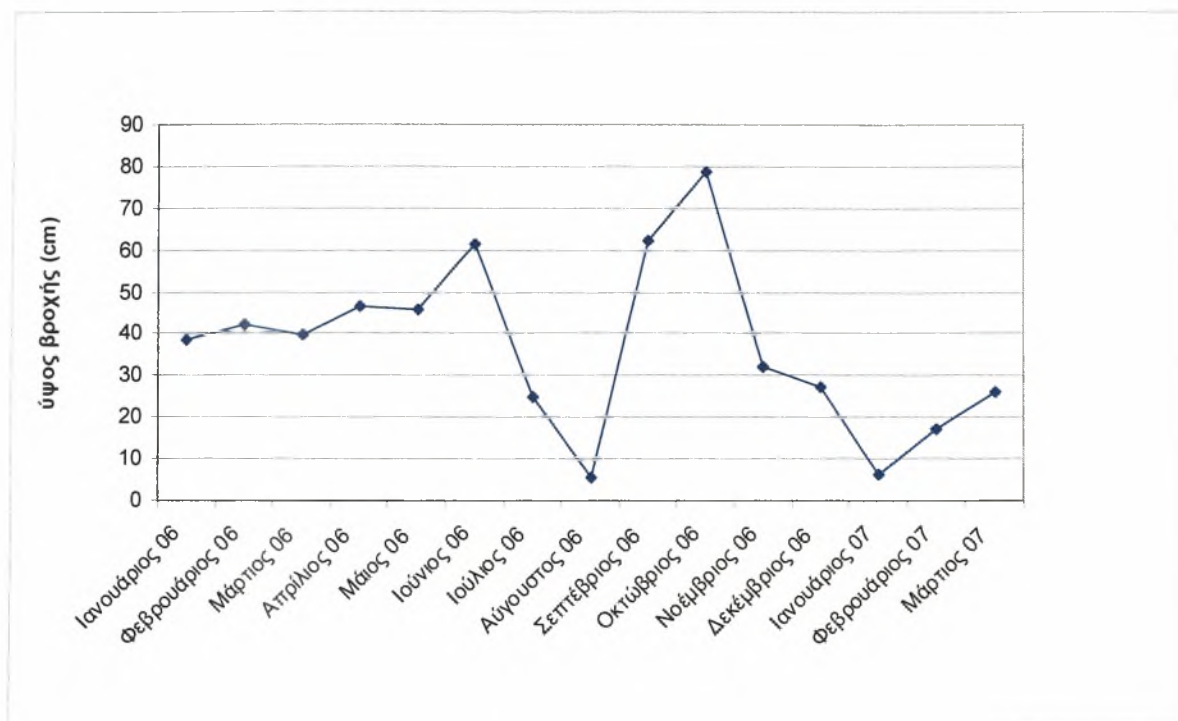
Με βόρειο άνεμο η μονάδα M3 δέχεται τον μεγαλύτερο υδροδυναμισμό γύρω της αλλά τον μικρότερο εσωτερικά (μετά την πρώτη γραμμή).



Εικ. 35. Σχετικός Υδροδυναμισμός σε διάφορες θέσεις της μονάδας στους σταθμούς M1, M2, M3, M4, με επικρατέστερο άνεμο την ημερομηνία πόντισης των γύψων Νότιο (16/3/06), Δυτικό (3/10/06) και Βόρειο (13/12/06). Όπου: Position = η θέση πόντισης, 1= πριν (αρχή) τη μονάδα, 2= μετά την 1^η γραμμή, 3= μετά (τέλος) τη μονάδα, 4= πριν (αρχή) την επόμενη μονάδα.

3.1.5 Βροχόπτωση

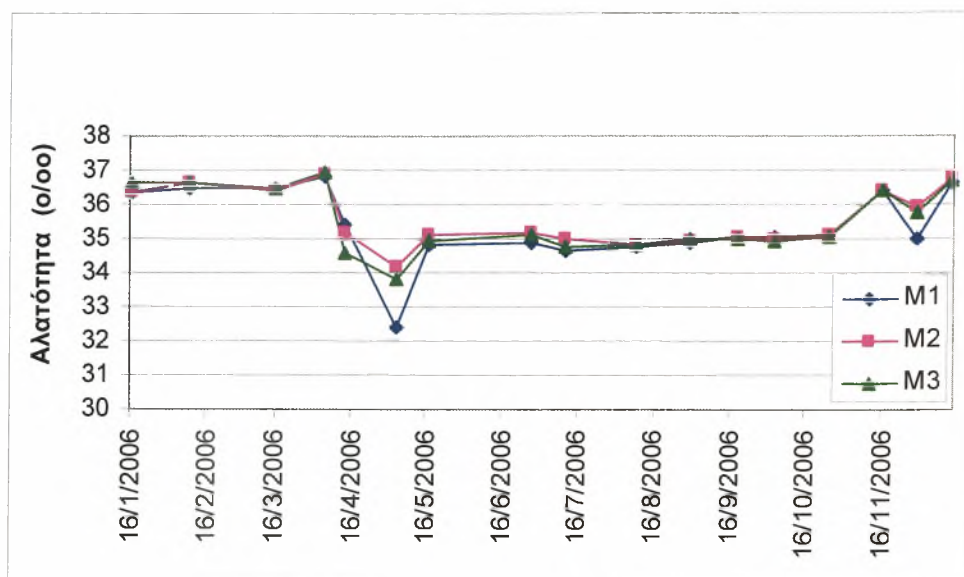
Η βροχόπτωση για το 2006 ήταν 54,1 cm, με δύο μέγιστα, τον Ιούνιο και τον Οκτώβριο και ελάχιστα τον Αύγουστο και τον Ιανουάριο του 2007 (Εικ. 36).



Εικ. 36. Το ύψος της βροχόπτωσης (Πηγή πρωτογενών στοιχείων: Περιφερειακό Μετεωρολογικό Κέντρο Μακεδονίας της ΕΜΥ).

3.1.6 Αλατότητα

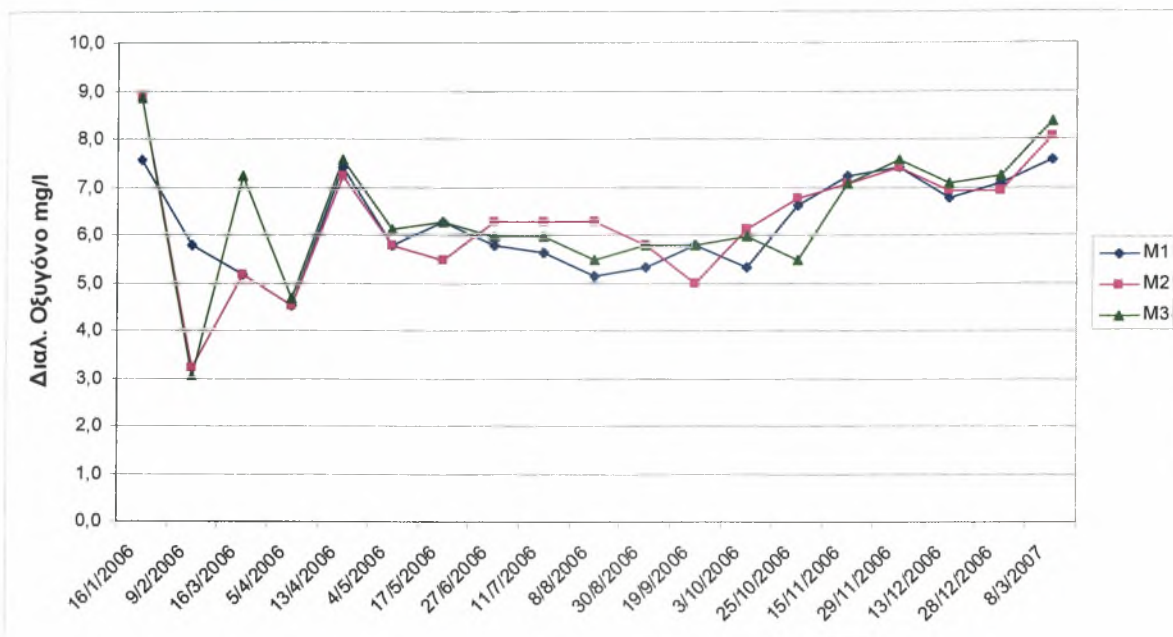
Η εποχιακή διακύμανση της αλατότητας σε όλους τους σταθμούς ακολουθεί παρόμοιο πρότυπο (Εικ. 37). Επισημαίνεται ότι η μείωση των τιμών αλατότητας στο σταθμό Μ1 ήταν μεγαλύτερη από τους άλλους σταθμούς, στα δύο ετήσια ελάχιστα στις 4/5 και 28/12. Η αλατότητα από τον Ιανουάριο έως και τον Μάρτιο κυμάνθηκε από 36-37 ‰ και από τον Μάιο έως τον Οκτώβριο με τιμές 35 ‰ παρέμεινε αμετάβλητη. Γενικά το εύρος των τιμών ήταν μικρό σε ετήσια βάση.



Εικ. 37. Εποχιακή διακύμανση της αλατότητας σε βάθος 5m, στους σταθμούς δειγματοληψίας.

3.1.7 Οξυγόνο

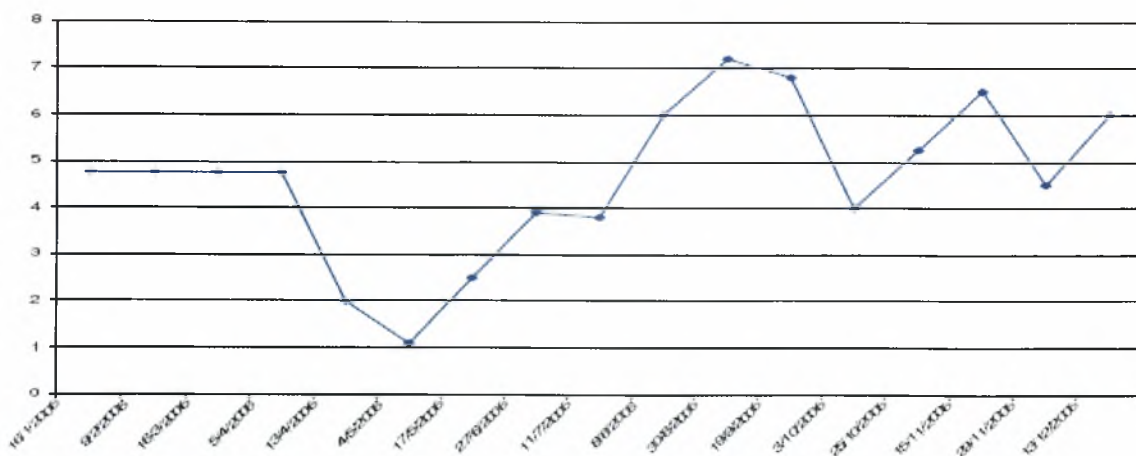
Ο μέσος όρος των επιπέδων του διαλυμένου οξυγόνου (DO_2) στους σταθμούς δειγματοληψίας στα 5 m που βρίσκεται ο κύριος κορμός των μυδιών, ήταν $5,71 \text{ mg l}^{-1}$ από τον Ιανουάριο του 2006 έως τον Νοέμβριο του ίδιου χρόνου. Από τον Δεκέμβριο ανήλθε στα $7,14 \text{ mg l}^{-1}$ και τον Μάρτιο του 2007 καταγράφηκαν τιμές $7,14 \text{ mg l}^{-1}$ έως και $7,85 \text{ mg l}^{-1}$. Από τον Ιανουάριο του 2006 μέχρι τον Απρίλιο του 2007 εμφανίστηκαν έντονες μεταβολές. Ένα ελάχιστο $2,85 \text{ mg l}^{-1}$ καταγράφηκε στους σταθμούς M2, M3 τον Φεβρουάριο του 2006 και μέγιστες τιμές καταγράφηκαν τον Ιανουάριο του 2006 και τον Μάρτιο του 2007. Οι σταθμοί M1 και M2 αρχές Απριλίου και το σύνολο των σταθμών στα μέσα Απριλίου, εμφάνιζαν χαμηλά σχετικά επίπεδα οξυγόνου ανάμεσα στο $4,28 \text{ mg l}^{-1}$ και $5,71 \text{ mg l}^{-1}$. Το καλοκαίρι δεν παρατηρήθηκαν χαμηλές τιμές. Το DO_2 εμφάνιζε γενικά τιμές από $2,85 \text{ mg l}^{-1}$ - $8,85 \text{ mg l}^{-1}$ σε όλη τη διάρκεια της έρευνας (Εικ. 38).



Εικ. 38. Εποχιακή διακύμανση του οξυγόνου σε βάθος 5 m, στους σταθμούς δειγματοληψίας. Πρωτογενή στοιχεία από Μωρική κ.α., 2008.

3.1.8 Διαύγεια

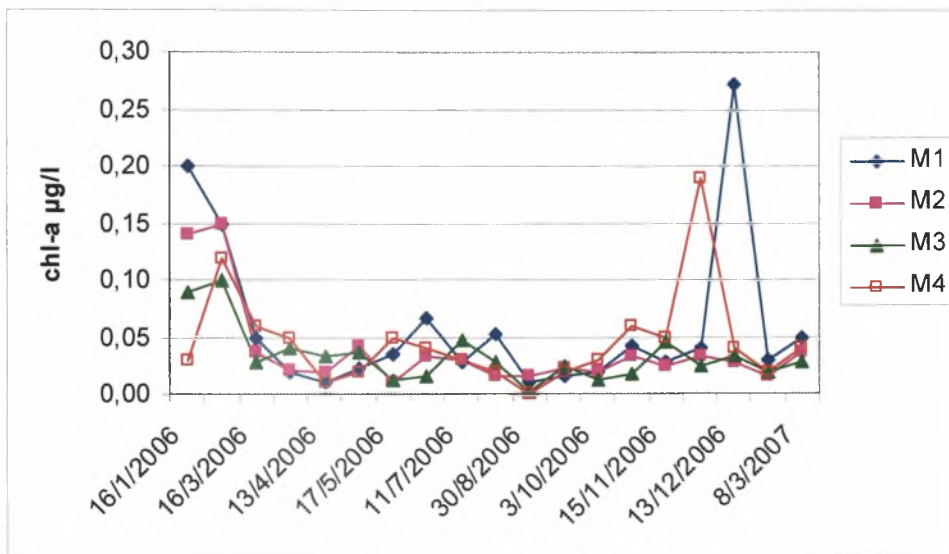
Η διαύγεια των νερών αυξομειώθηκε στη διάρκεια του έτους. Ειδικότερα, από τον Ιανουάριο μέχρι και τον Απρίλιο ήταν στα 5 m. Την περίοδο της άνοιξης είχε τις χαμηλότερες τιμές με ελάχιστη τιμή τον Μάιο (1m) και η μέγιστη τιμή καταγράφηκε τον Αύγουστο (7,20 m). Το φθινόπωρο και το χειμώνα η διαύγεια κυμαινόταν από 4-6 m (Εικ. 39)



Εικ. 39. Η εποχιακή διακύμανση της διαύγειας στην περιοχή μελέτης.

3.2 Χλωροφύλλη-α

Όπως φαίνεται στην εικόνα 40, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης διατηρήθηκε σε σχετικά χαμηλά επίπεδα όλο το χρόνο εκτός από τον Ιανουάριο – Φεβρουάριο του 2006. Μία εξαίρεση μόνο με πολύ υψηλή τιμή ($0,27 \text{ mg m}^{-3}$) παρατηρήθηκε στο σταθμό M1 τον Ιανουάριο του 2007. Σε ορισμένες περιπτώσεις μόνο ο σταθμός M1 εμφάνισε τιμές χλωροφύλλης υψηλότερες σε σχέση με τις τιμές στους άλλους σταθμούς.

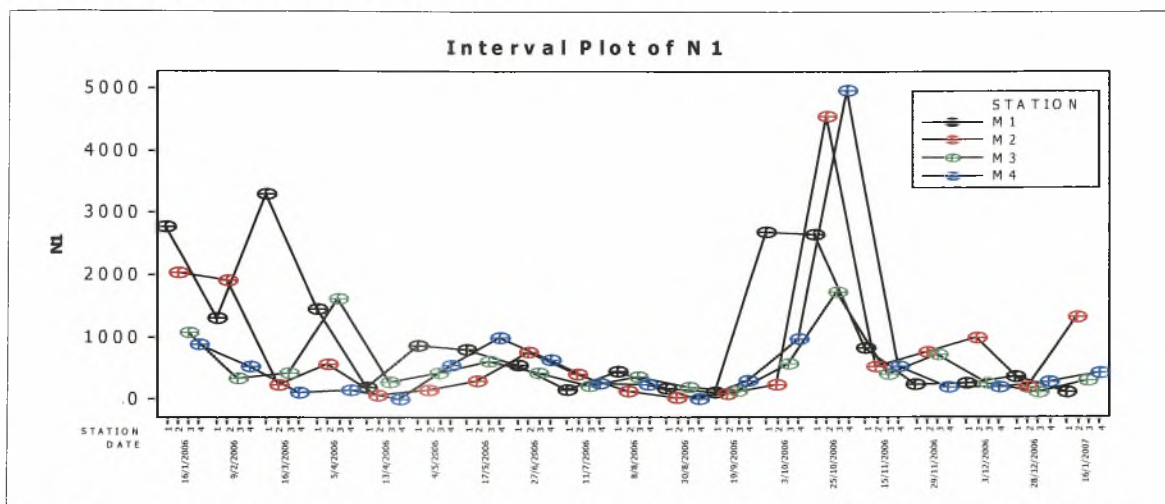


Εικ. 40. Εποχιακή διακύμανση της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α στους σταθμούς δειγματοληψίας. Πρωτογενή στοιχεία από Μωρίκη κ.α., 2008.

3.3 Δυναμική του γόνου

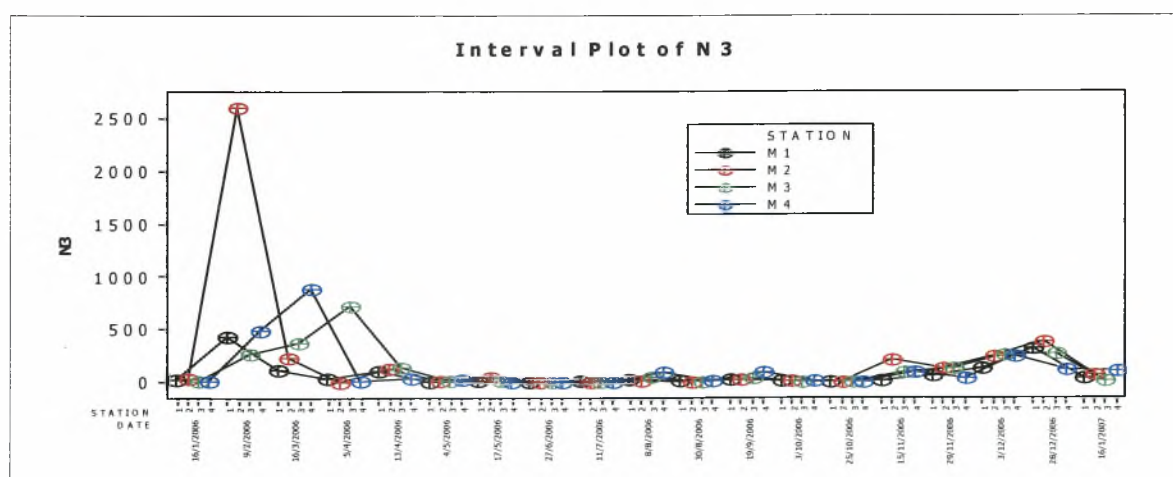
3.3.1 Δυναμική νυμφών στους σταθμούς δειγματοληψίας

Την περίοδο της αναπαραγωγής ακολούθησε η πλαγκτική φάση της ζωής των μυδίων στη στήλη του νερού. Οι νύμφες κατατάχθηκαν σε τρεις κλάσεις μεγέθους: N1, N2, N3. N1= Dshare, N3= ποδοπεπλοφόρες. Στην εικόνα 41 φαίνεται η παρουσία του N1 σταδίου που είναι το πρώιμο στάδιο (σχήμα D) των πεδοπεπλοφόρων νυμφών των μυδίων.



Εικ. 41. Εποχιακή πυκνότητα των νυμφών μυδίων (στάδιο N1) στη στήλη του νερού (αδημοσίεута στοιχεία: A.T.E.I.Θ.).

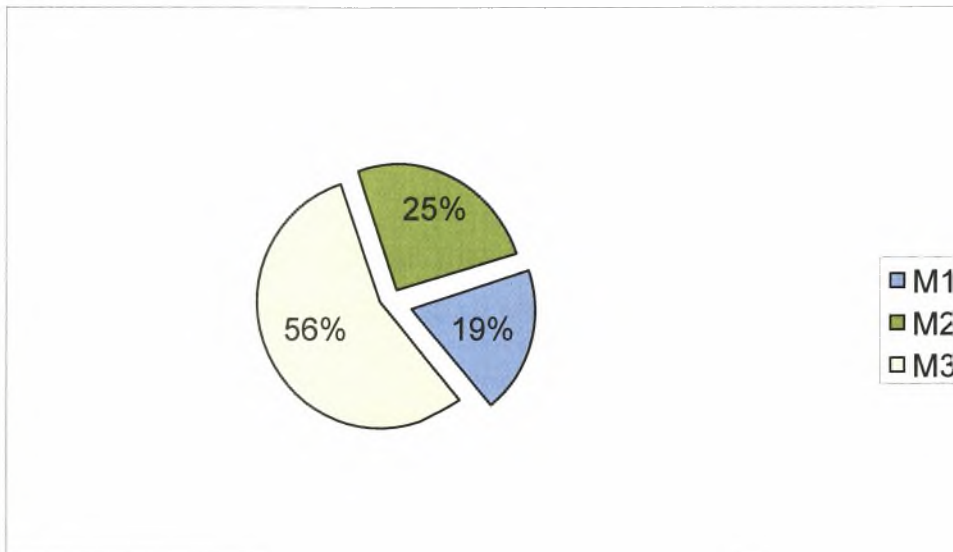
Στην εικόνα 42 παρουσιάζεται η χρονική μεταβολή του σταδίου N3 (στάδιο ποδοπεπλοφόρου νύμφης) λίγο πριν την εγκατάσταση. Παρατηρείται μια πρώτη μικρή εμφάνιση τον Νοέμβριο και Δεκέμβριο και μεγαλύτερη τον Φεβρουάριο-Απρίλιο.



Εικ. 42. Εποχιακή πυκνότητα των νυμφών μυδίων (στάδιο N2) στη στήλη του νερού (αδημοσίεута στοιχεία: A.T.E.I.Θ.).

3.3.2 Χωρική μεταβολή σε σχέση με τους σταθμούς

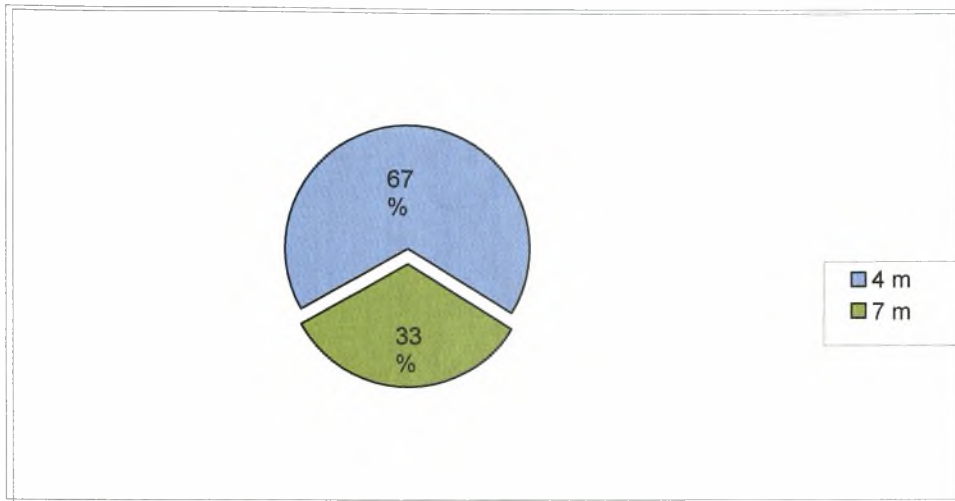
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα ο περισσότερος γόνος κατά τη διάρκεια της μελέτης συλλέχθηκε από τον σταθμό M3 και αποτελεί το 56 % του συνολικού αριθμού των ατόμων (Εικ. 43). Ο σταθμός αυτός βρίσκεται στο νότιο άκρο των μυδοκαλλιέργειών (βλ. Εικ. 16). Ακολουθεί ο σταθμός M2 με ποσοστό 25 %, στο κέντρο της περιοχής και ο λιγότερος γόνος (19 %) συλλέχθηκε από τον σταθμό M1 στο βορειοανατολικό άκρο.



Εικ. 43. Ποσοστιαία κατανομή της πυκνότητας του γόνου στους σταθμούς δειγματοληψίας. M1= βορειοανατολικό άκρο των μονάδων μυδοκαλλιέργειας. M2= κέντρο εσωτερικά των μονάδων μυδοκαλλιέργειας. M3= νότιο άκρο των μονάδων μυδοκαλλιέργειας.

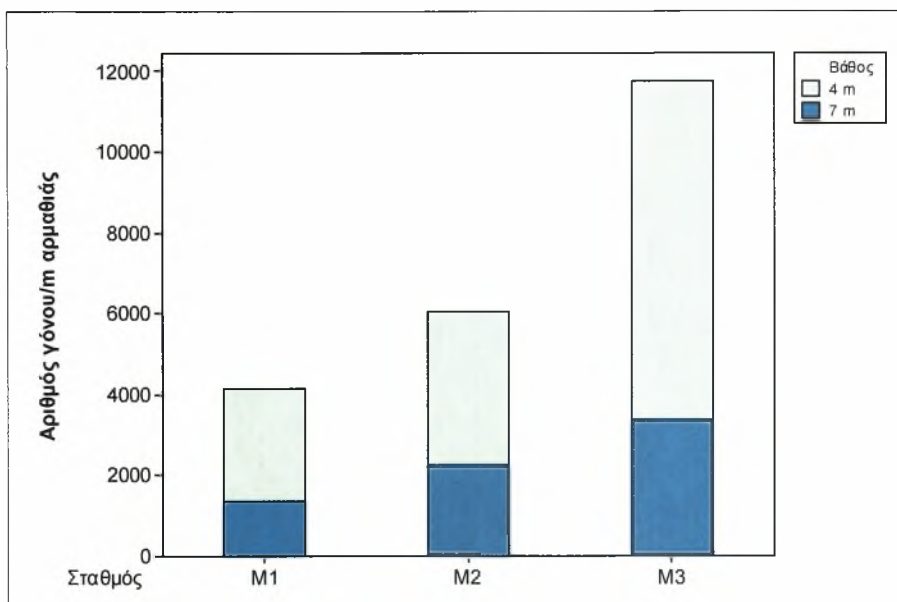
3.3.3 Χωρική μεταβολή σε σχέση με το βάθος

Τα 2/3 του γόνου συλλέχθηκαν από τα τμήματα της αρμαθιάς στα 4m και το υπόλοιπο 1/3 από τα 7m και στους τρεις σταθμούς (Εικ. 44).



Εικ. 44. Συνολικό ποσοστό γόνου που συλλέχθηκε από το πάνω μέρος της αρμαθιάς (4 m) σε σχέση με το κάτω (7m) και στους τρεις σταθμούς.

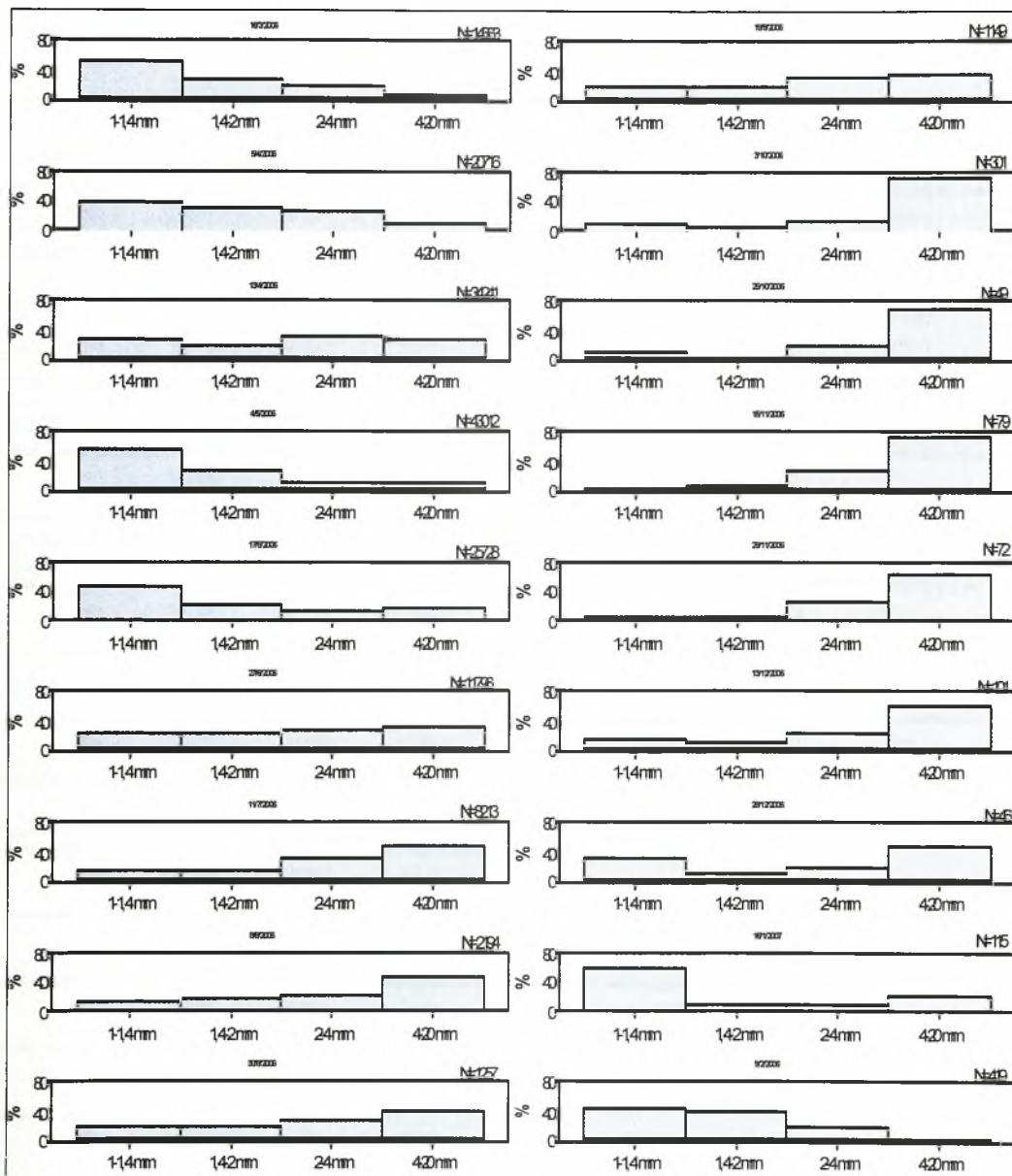
Πιο συγκεκριμένα, στο σταθμό M1 και M2 όπου παρατηρήθηκε η μικρότερη ποσότητα γόνου, περίπου τα 2/3 των ποσοτήτων αυτών προέρχονται από το βάθος των 4 μέτρων (ανώτερο τμήμα της αρμαθιάς). Στο σταθμό με το μεγαλύτερο ποσοστό εγκατεστημένου γόνου (M3), ο γόνος επίσης συγκεντρώνεται στο ανώτερο τμήμα της αρμαθιάς (4 m) αλλά σε ακόμη μεγαλύτερες πυκνότητες (Εικ. 45).



Εικ. 45. Συνολικός αριθμός ατόμων γόνου που συλλέχθηκε από το πάνω μέρος της αρμαθιάς (4 m) σε σχέση με το κάτω (7 m) σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας.

3.3.4 Χρονική μεταβολή σε σχέση με τις κλάσεις μεγεθών

Η μικρότερη κλάση μεγέθους γόνου (1,0-1,4 mm) αυξήθηκε από τους χειμερινούς μήνες ως και τον Απρίλιο του 2006, μειώθηκε στα μέσα Απριλίου και ενισχύθηκε η παρουσία του στη συνέχεια μέχρι Μάιο – Ιούνιο. Νέα παρουσία παρατηρήθηκε τον Ιανουάριο 2007. Σταδιακά μεγαλώνοντας οι 4 κλάσεις μεγέθους του γόνου, εκπροσωπήθηκαν με παρόμοια ποσοστά. Οι μεγαλύτερες κλάσεις μεγέθους (4-20 mm) εμφανίστηκαν κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, μέχρι τα μέσα φθινοπώρου (Εικ. 46).



N: συνολικός αριθμός γόνου

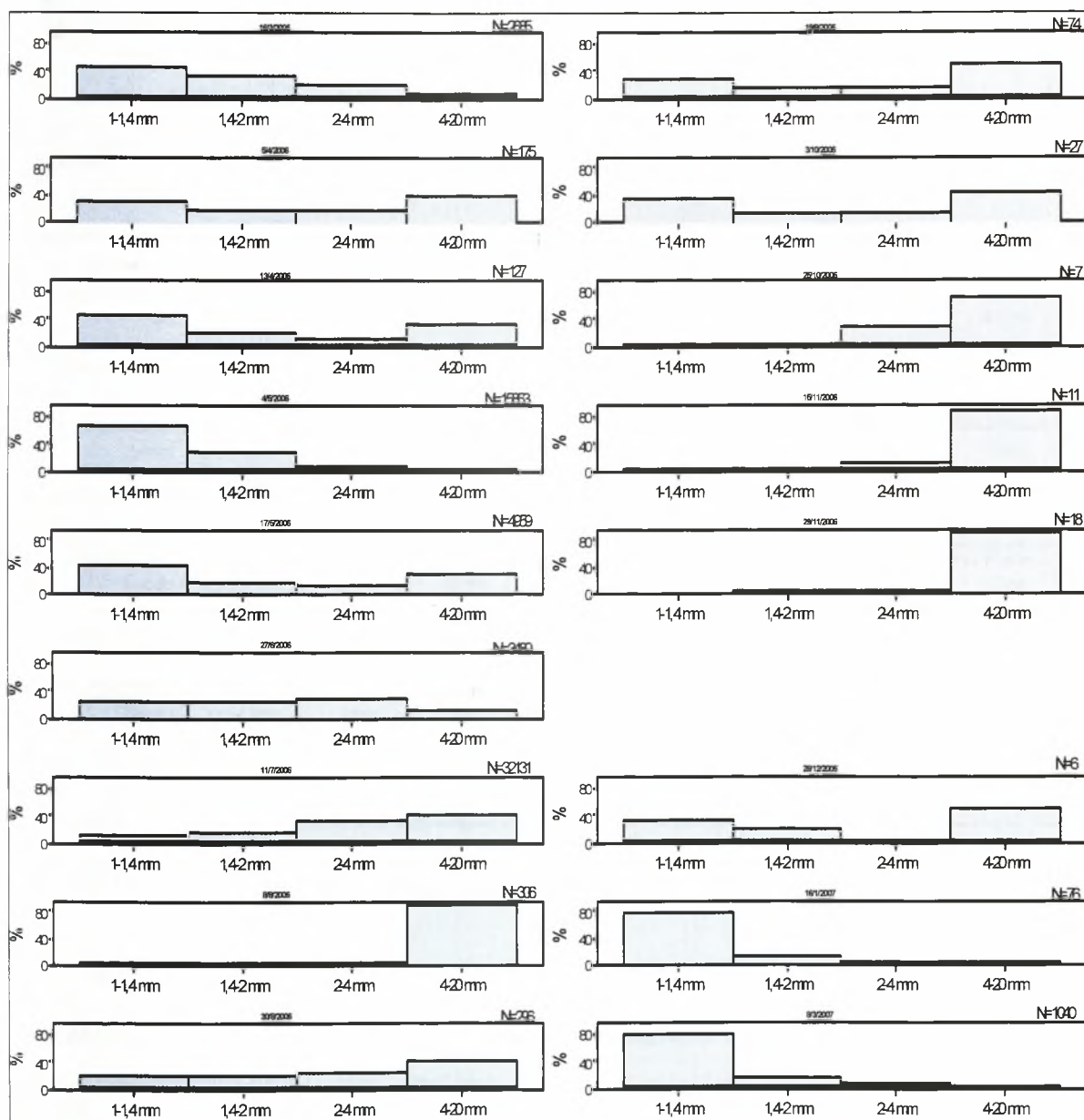
Εικ. 46. Χρονική μεταβολή της συχνότητας (%) των 4 κλάσεων μεγέθους του γόνου (1-20 mm), ανεξάρτητα σταθμών.

3.3.5 Χρονική μεταβολή σε σχέση με τις κλάσεις μεγεθών σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας

Η συχνότητα των 4 κλάσεων μεγέθους γόνου, στον κάθε έναν από τους 3 σταθμούς, εμφανίζεται στις εικόνες 47, 48, 49.

Το μεγαλύτερο ποσοστό μικρού μεγέθους γόνου στον σταθμό M1, εμφανίζεται τον Μάρτιο και τον Μάιο. Το μεγαλύτερο ποσοστό μεγάλου μεγέθους γόνου εμφανίζεται τον Ιούλιο.

Ο σταθμός ακολουθεί το μοντέλο του συνολικού γόνου όπως εμφανίζεται στην εικόνα 46.



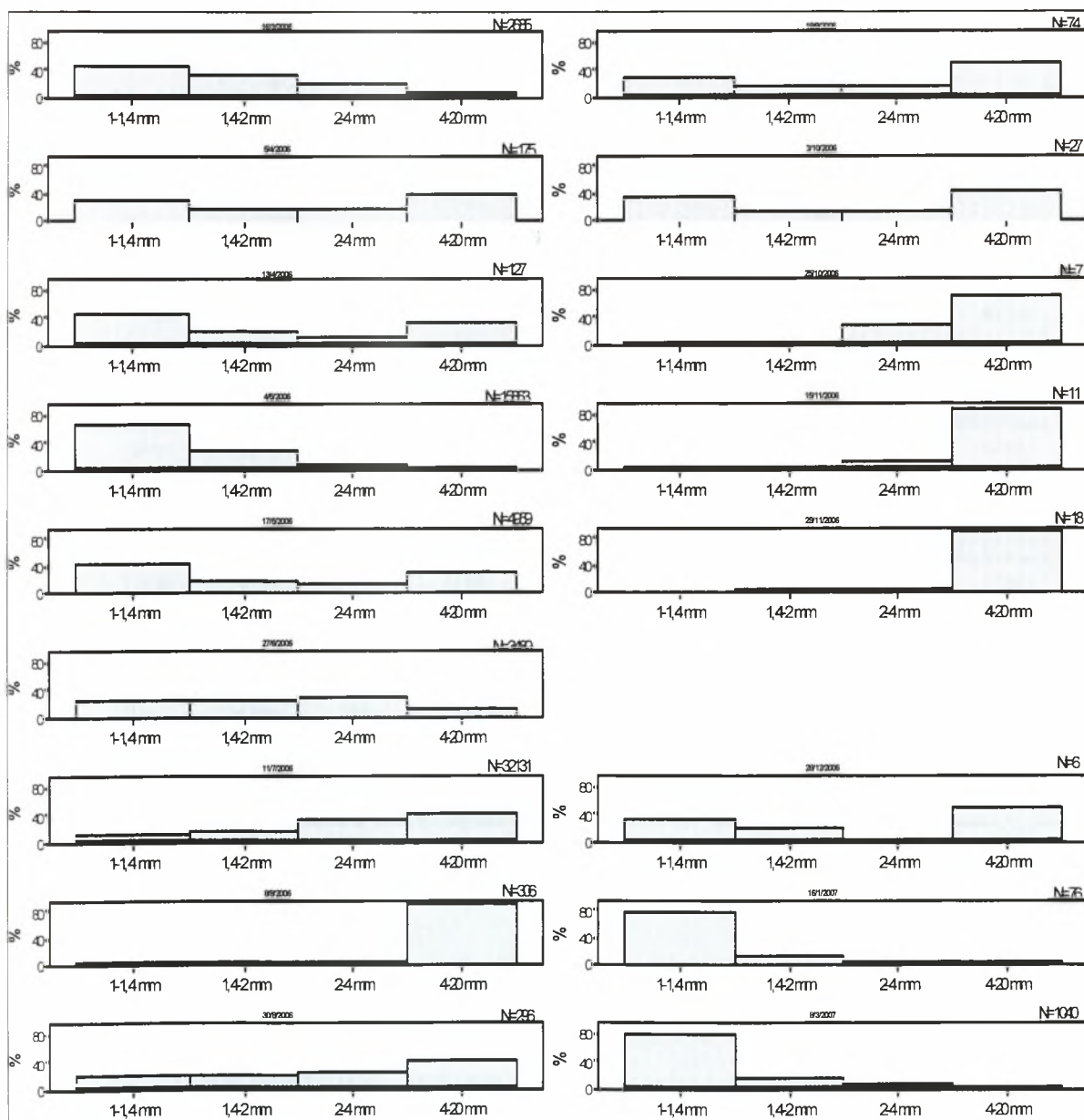
Εικ. 47. Ποσοστά ανά κλάση μεγέθους για κάθε δειγματοληψία στο σταθμό M1.

3.3.5 Χρονική μεταβολή σε σχέση με τις κλάσεις μεγεθών σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας

Η συχνότητα των 4 κλάσεων μεγέθους γόνου, στον κάθε έναν από τους 3 σταθμούς, εμφανίζεται στις εικόνες 47, 48, 49.

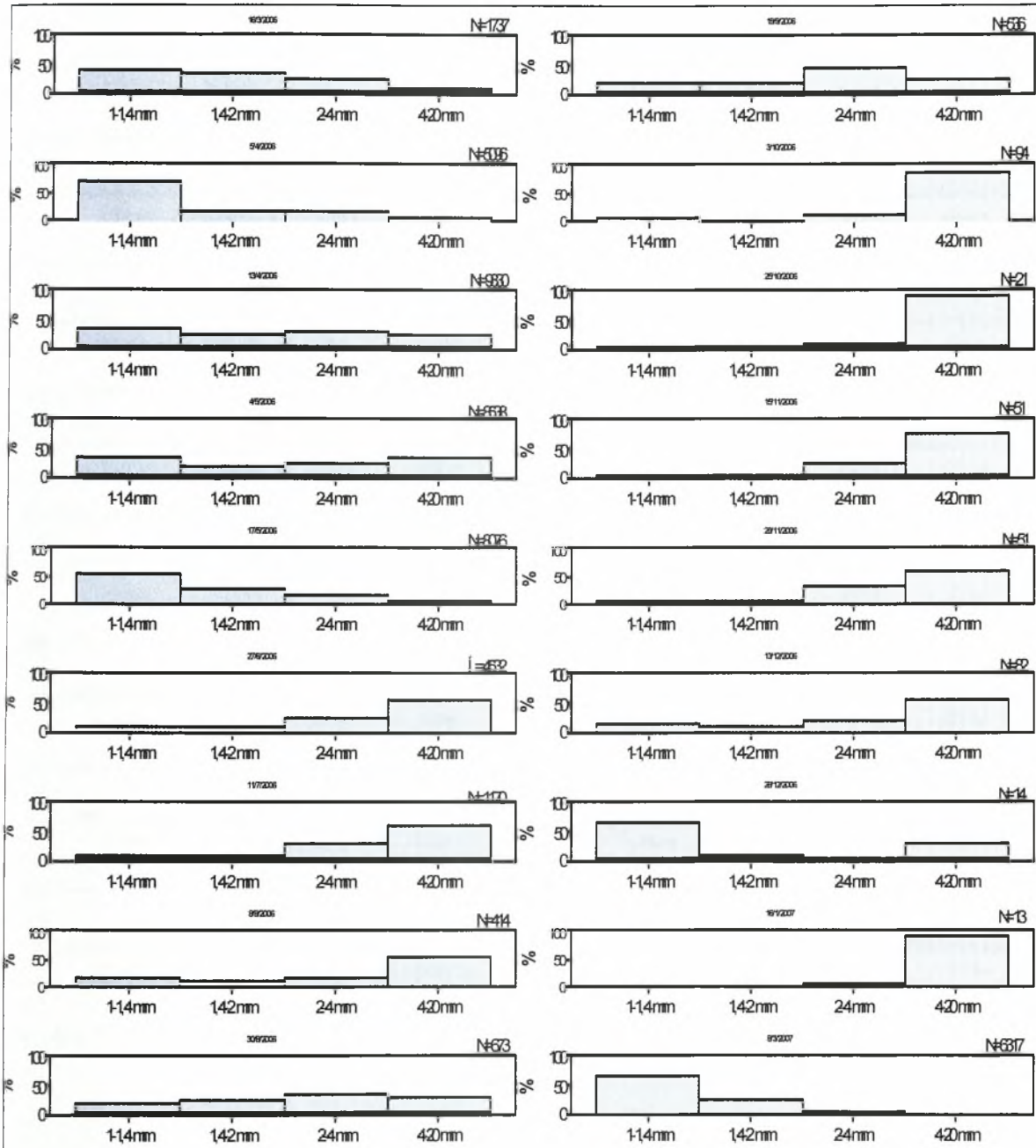
Το μεγαλύτερο ποσοστό μικρού μεγέθους γόνου στον σταθμό M1, εμφανίζεται τον Μάρτιο και τον Μάιο. Το μεγαλύτερο ποσοστό μεγάλου μεγέθους γόνου εμφανίζεται τον Ιούλιο.

Ο σταθμός ακολουθεί το μοντέλο του συνολικού γόνου όπως εμφανίζεται στην εικόνα 46.



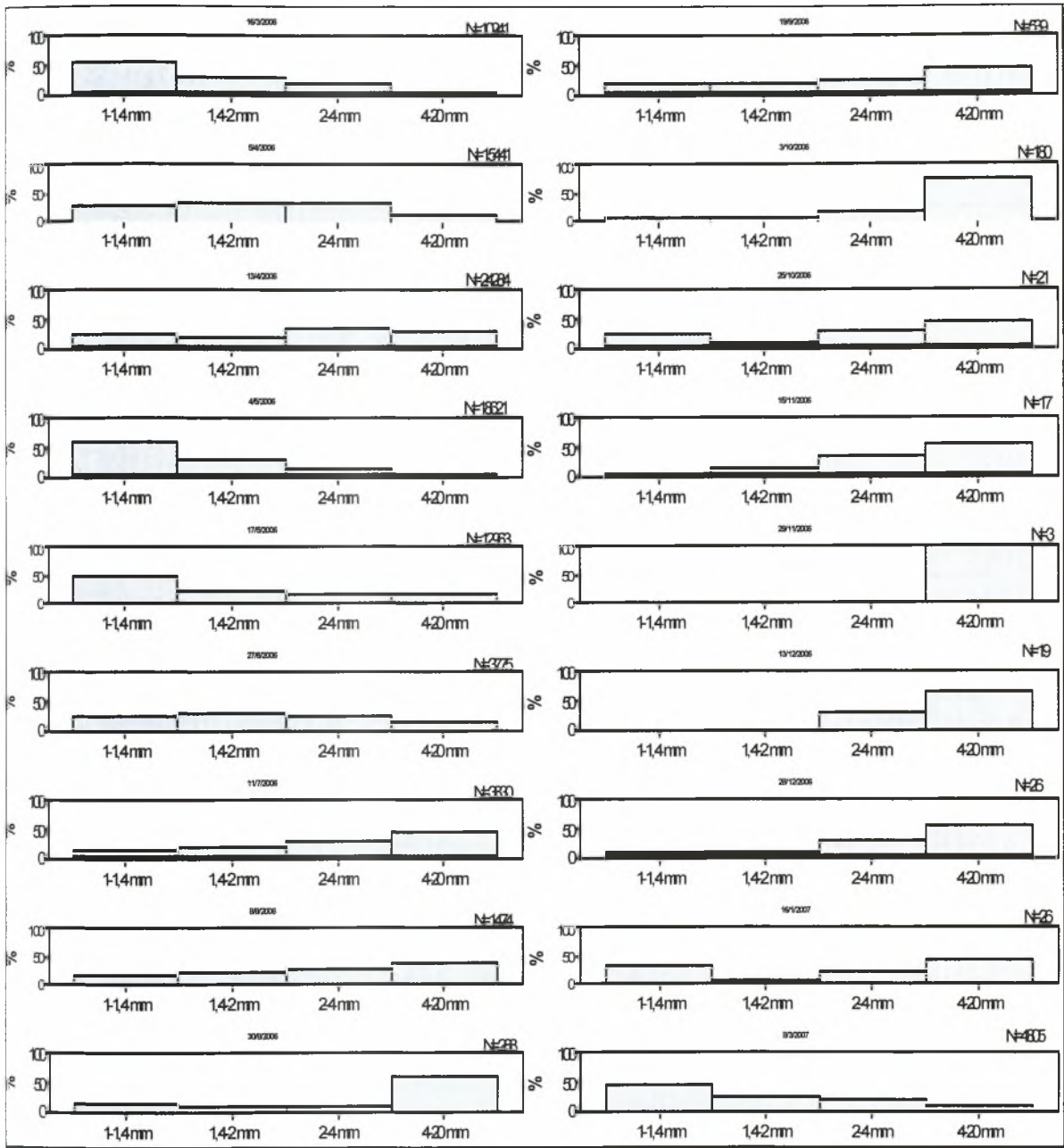
Εικ. 47. Ποσοστά ανά κλάση μεγέθους για κάθε δειγματοληψία στο σταθμό M1.

Το μεγαλύτερο ποσοστό μικρού μεγέθους γόνου στον σταθμό Μ2, εμφανίζεται τον Απρίλιο και τον Μάιο. Το μεγαλύτερο ποσοστό μεγάλου μεγέθους γόνου εμφανίζεται τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες.



Εικ. 48. Ποσοστά ανά κλάση μεγέθους για κάθε δειγματοληψία στο σταθμό Μ2.

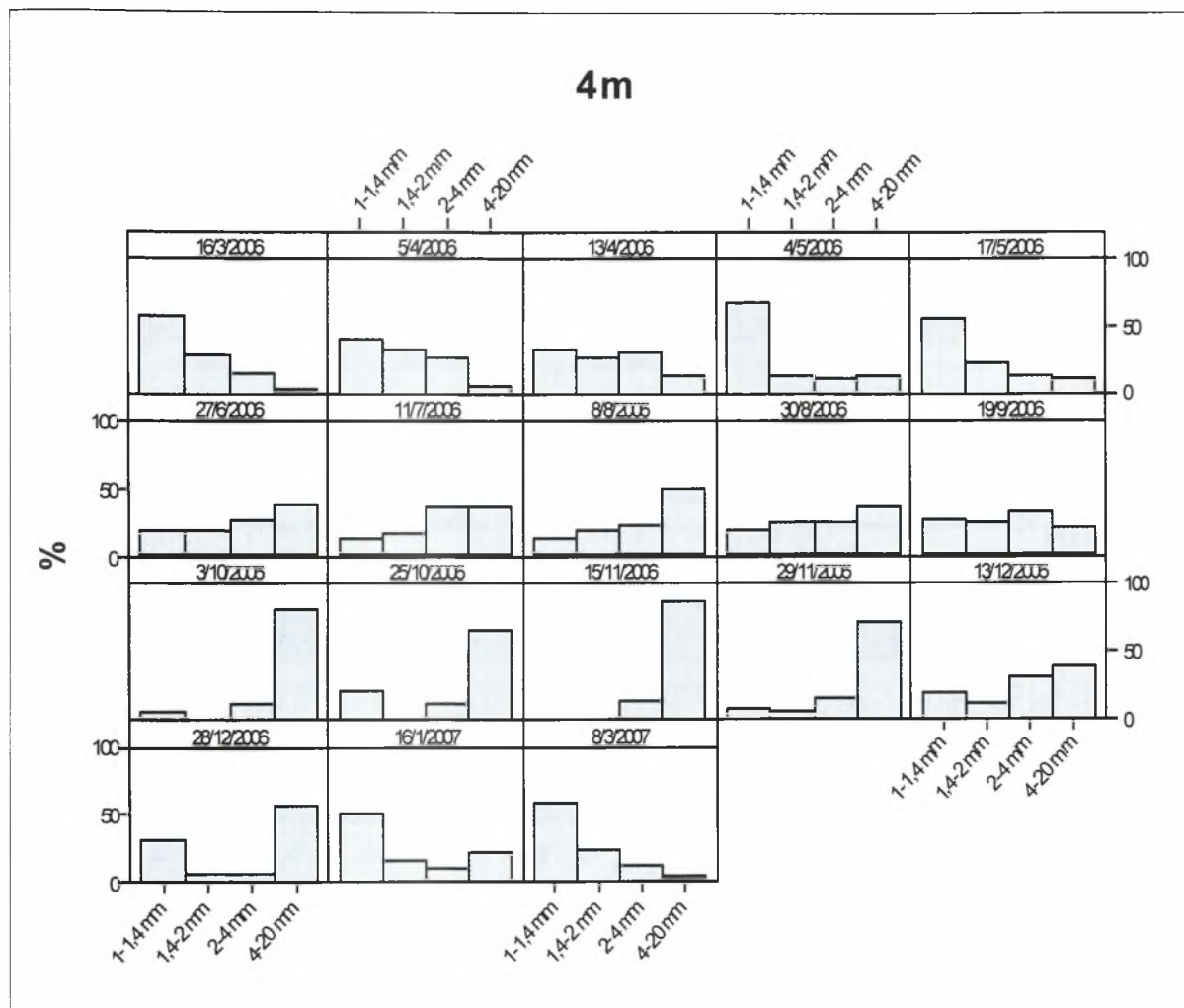
Το μεγαλύτερο ποσοστό μικρού μεγέθους γόνου στον σταθμό Μ3, εμφανίζεται τον Μάρτιο και τον Μάιο. Το μεγαλύτερο ποσοστό μεγάλου μεγέθους γόνου εμφανίζεται τον Ιούλιο, υπάρχει όμως και μεγάλο ποσοστό αυτής της κλάσης και στα μέσα Απριλίου.



Εικ. 49. Ποσοστά ανά κλάση μεγέθους για κάθε δειγματοληψία στο σταθμό Μ3.

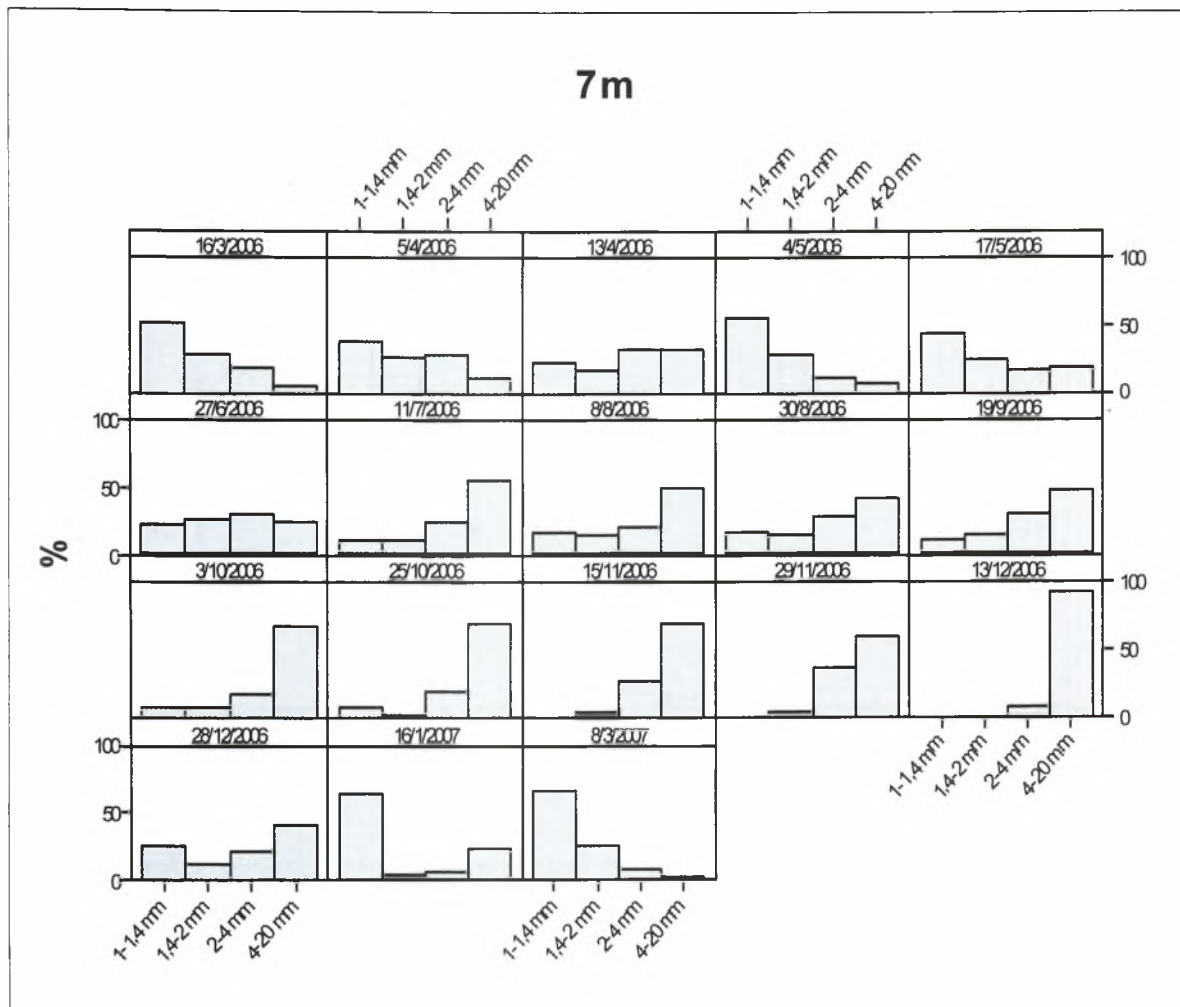
3.3.6 Χρονική μεταβολή της συχνότητας των μεγεθών του γόνου σε σχέση με το βάθος.

Σε σχέση με το βάθος, το μικρότερο μέγεθος γόνου εμφανίζεται στα 4 m, στους μήνες Μάρτιο και Μάιο 2006 και Ιανουάριο και Μάρτιο του 2007 (Εικ. 52). Τα μεγαλύτερα μεγέθη γόνου εμφανίζονται με αυξημένα ποσοστά το καλοκαίρι.



Εικ. 52. Ποσοστά γόνου ανά κλάση μεγέθους, στο σύνολο των σταθμών, για κάθε δειγματοληψία σε βάθος 4 m.

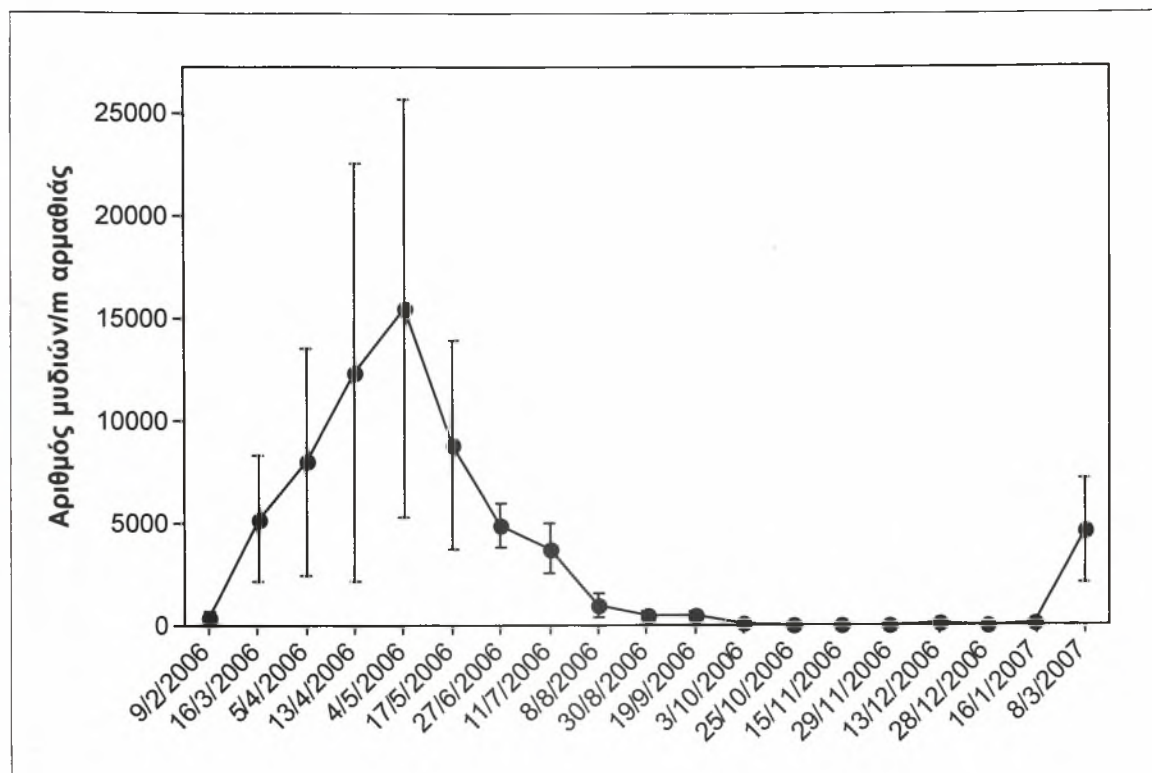
Τα μικρά μεγέθη γόνου εμφανίζονται χρονικά το ίδιο διάστημα με το προηγούμενο γράφημα της εικόνας 52 στα 4 m. Οι μεγαλύτερες κλάσεις μεγεθών όμως, εμφανίζονται σε μεγάλα ποσοστά μετά τον Ιούλιο (Εικ. 53).



Εικ. 53. Ποσοστά γόνου ανά κλάση μεγέθους, στο σύνολο των σταθμών, για κάθε δειγματοληψία σε βάθος 7 m.

3.3.7 Χρονική μεταβολή της συνολικής πυκνότητας του γόνου

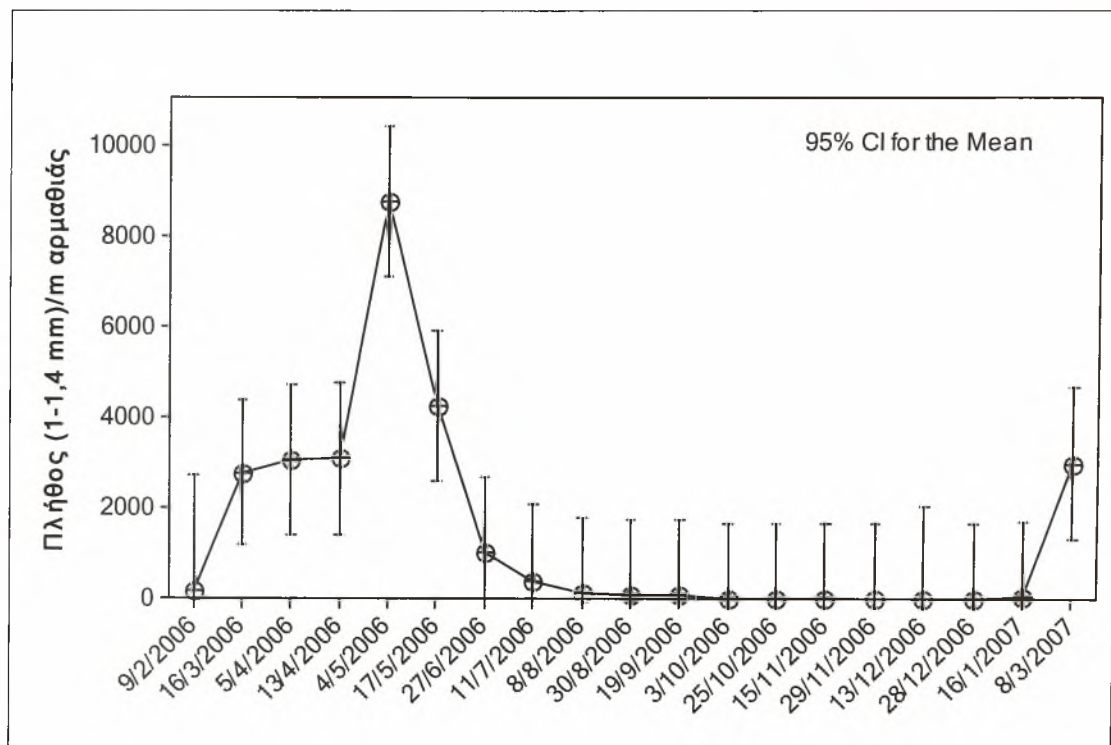
Ο γόνος εμφανίζεται στις αρμαθίες κυρίως από τον Μάρτιο έως τον Ιούλιο, με μέγιστο τον Μάιο. Η εικόνα του Μαρτίου του 2007 είναι παρόμοια με της προηγούμενης χρονιάς (Εικ. 54).



Εικ. 54. Χρονική μεταβολή του αριθμού του γόνου ανά μέτρο αρμαθιάς, ανεξαρτήτως σταθμού.

3.3.8 Χρονική μεταβολή της συνολικής πυκνότητας της κλάσης μεγέθους 1,0 -1,4 mm

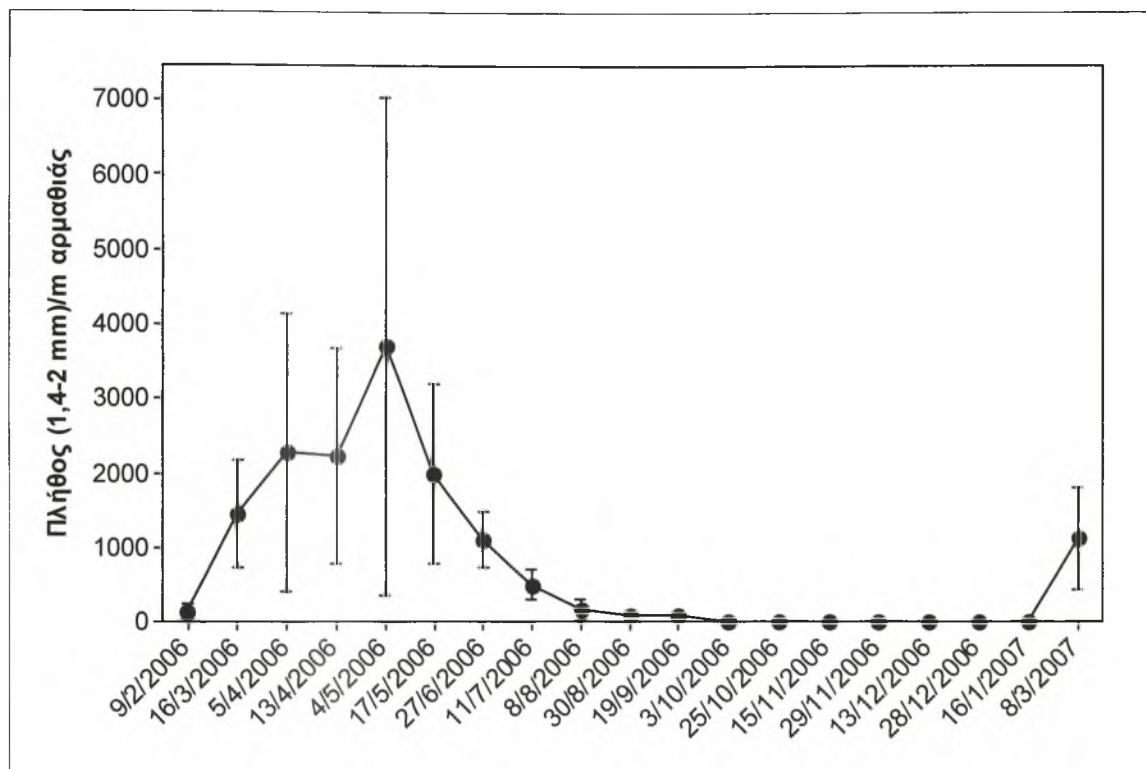
Αναλυτικότερα, η μεταβολή της παρουσίας της μικρότερης κλάσης μεγέθους (1,0-1,4 mm) στο χρόνο, εμφανίζεται στις αρμαθίες από τον Μάρτιο έως τέλος Ιουλίου, με μέγιστο στις αρχές Μαΐου. Ίδια εικόνα παρουσιάζεται και τον Μάρτιο του 2007 (Εικ. 55).



Εικ. 55. Χρονική μεταβολή του μέσου αριθμού γόνου κλάσης μεγέθους 1,4-2,0 mm / m αρμαθιάς και όρια εμπιστοσύνης για 95 % πιθανότητα.

3.3.9 Χρονική μεταβολή της συνολικής πυκνότητας της κλάσης μεγέθους 1,4-2 mm

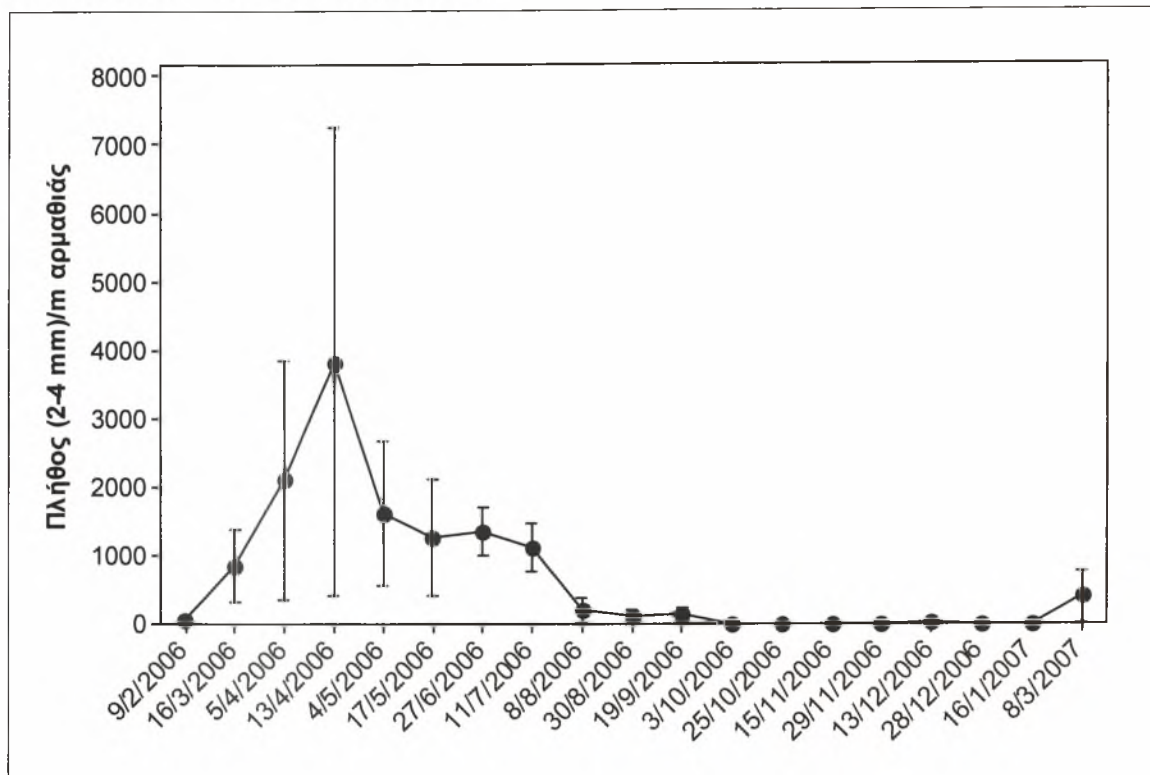
Η μεταβολή της παρουσίας της κλάσης μεγέθους (1,4-2,0 mm) στο χρόνο, εμφανίζεται στις αρμαθιές από τον Μάρτιο έως τον Ιούλιο με μέγιστο στις αρχές Μαΐου. Ίδια εικόνα παρουσιάζεται και τον Μάρτιο του 2007 (Εικ. 56).



Εικ. 56. Χρονική μεταβολή του μέσου αριθμού γόνου κλάσης μεγέθους 1,4-2,0 mm / m αρμαθιάς και όρια εμπιστοσύνης για 95 % πιθανότητα.

3.3.10 Χρονική μεταβολή της συνολικής πυκνότητας της κλάσης μεγέθους 2-4 mm

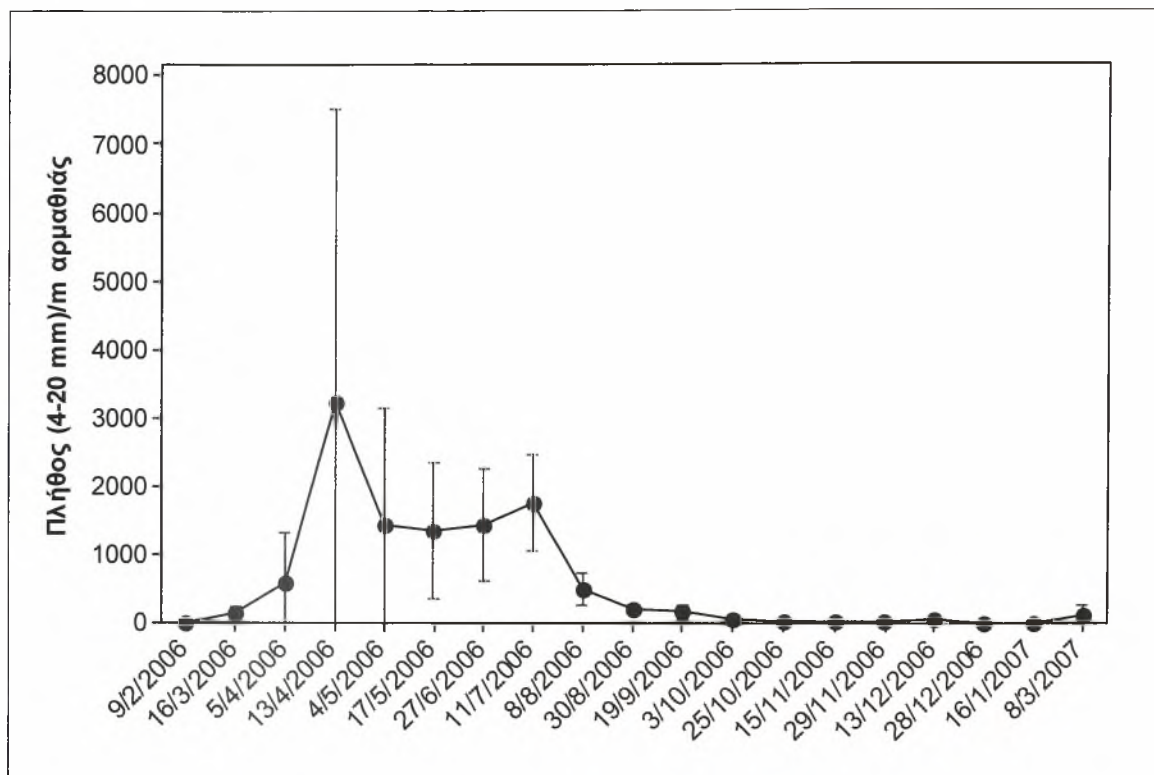
Ο γόνος κλάσης μεγέθους 2,0-4,0 mm εμφανίζεται από τον Μάρτιο έως τον Ιούνιο, με μέγιστο τον Μάιο (Εικ. 57).



Εικ. 57. Χρονική μεταβολή του μέσου αριθμού γόνου κλάσης μεγέθους 2,0-4,0 mm / m αρμαθιάς και όρια εμπιστοσύνης για 95 % πιθανότητα.

3.3.11 Χρονική μεταβολή της συνολικής πυκνότητας της κλάσης μεγέθους 4-20 mm

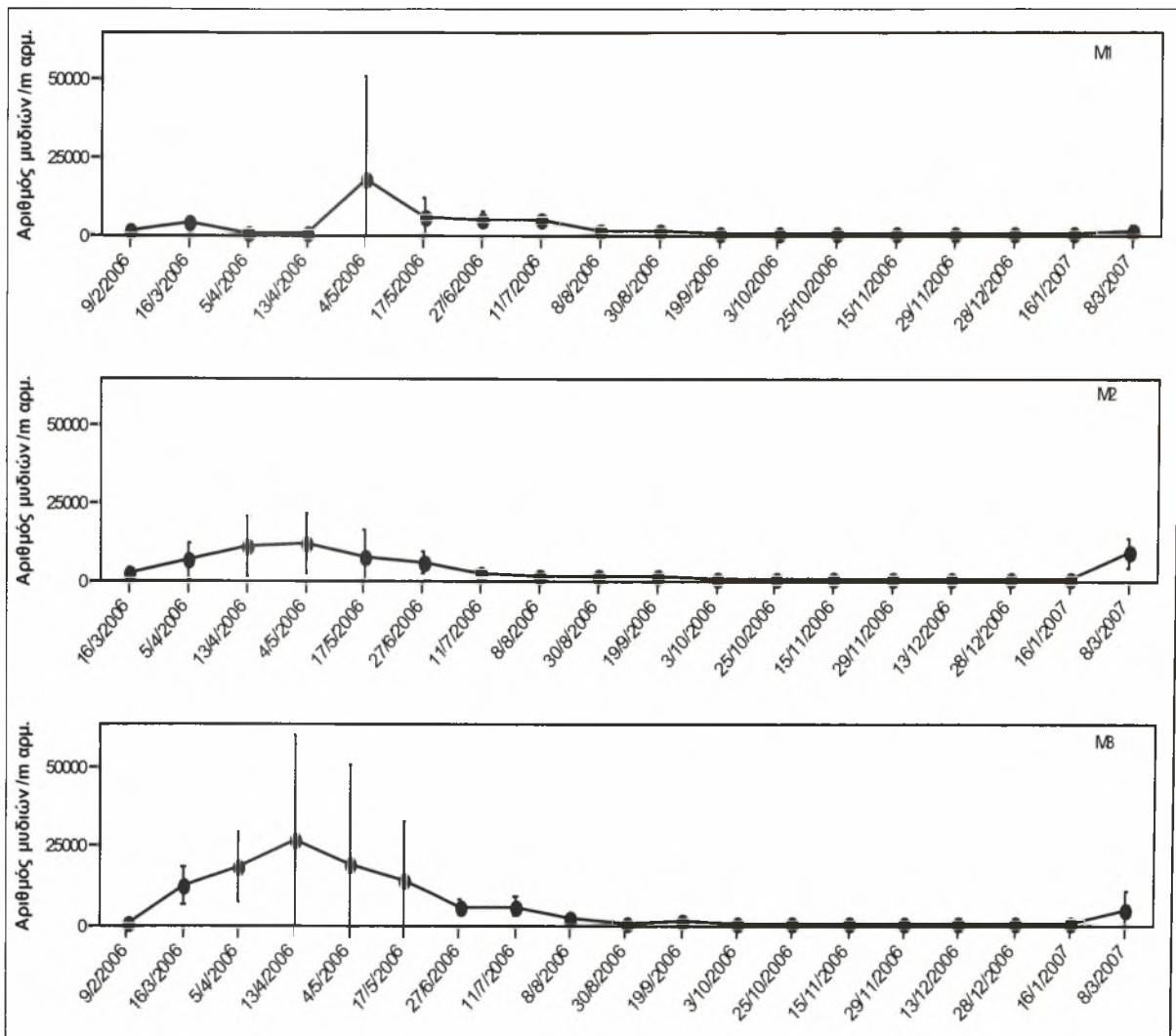
Ο γόνος κλάσης μεγέθους 4,0-20,0 mm εγκαθίσταται από τον Μάρτιο έως τις αρχές Αυγούστου, με δύο μέγιστα, Απρίλιο και Ιούλιο (Εικ.58).



Εικ. 58. Χρονική μεταβολή του μέσου αριθμού γόνου κλάσης μεγέθους 2,0-4,0 mm / m αρμαθιάς και όρια εμπιστοσύνης για 95 % πιθανότητα.

3.3.12 Χωροχρονική μεταβολή της πυκνότητας του γόνου σε κάθε σταθμό.

Ενώ στους ακραίους σταθμούς M1 και M3 παρατηρήθηκε εγκατάσταση γόνου κυρίως από τα μέσα Μαρτίου, με μεγαλύτερο αριθμό ατόμων στον M3, στον σταθμό M2 παρατηρήθηκε ουσιαστική εμφάνιση στην επόμενη δειγματοληψία στις αρχές Απριλίου. Στον σταθμό M1 παρατηρήθηκε εκ νέου γόνος στις αρχές Μαΐου, όπως ήδη αναφέρθηκε. Ο μεγαλύτερος αριθμός γόνου, με χρονική σειρά, εντοπίστηκε στο σταθμό M3 στα μέσα Απριλίου, στον M2 στα μέσα Απριλίου με αρχές Μαΐου και στον M1 στις αρχές Μαΐου. Η χρονική μεταβολή του γόνου σε κάθε σταθμό, παρουσιάζεται στην εικόνα 59.



Εικ. 59. Χωροχρονική μεταβολή του αριθμού του γόνου ανά μέτρο αρμαθιάς, στους σταθμούς δειγματοληψίας.

3.3.13 Χρονική μεταβολή της πυκνότητας του γόνου ανά κλάση μεγέθους

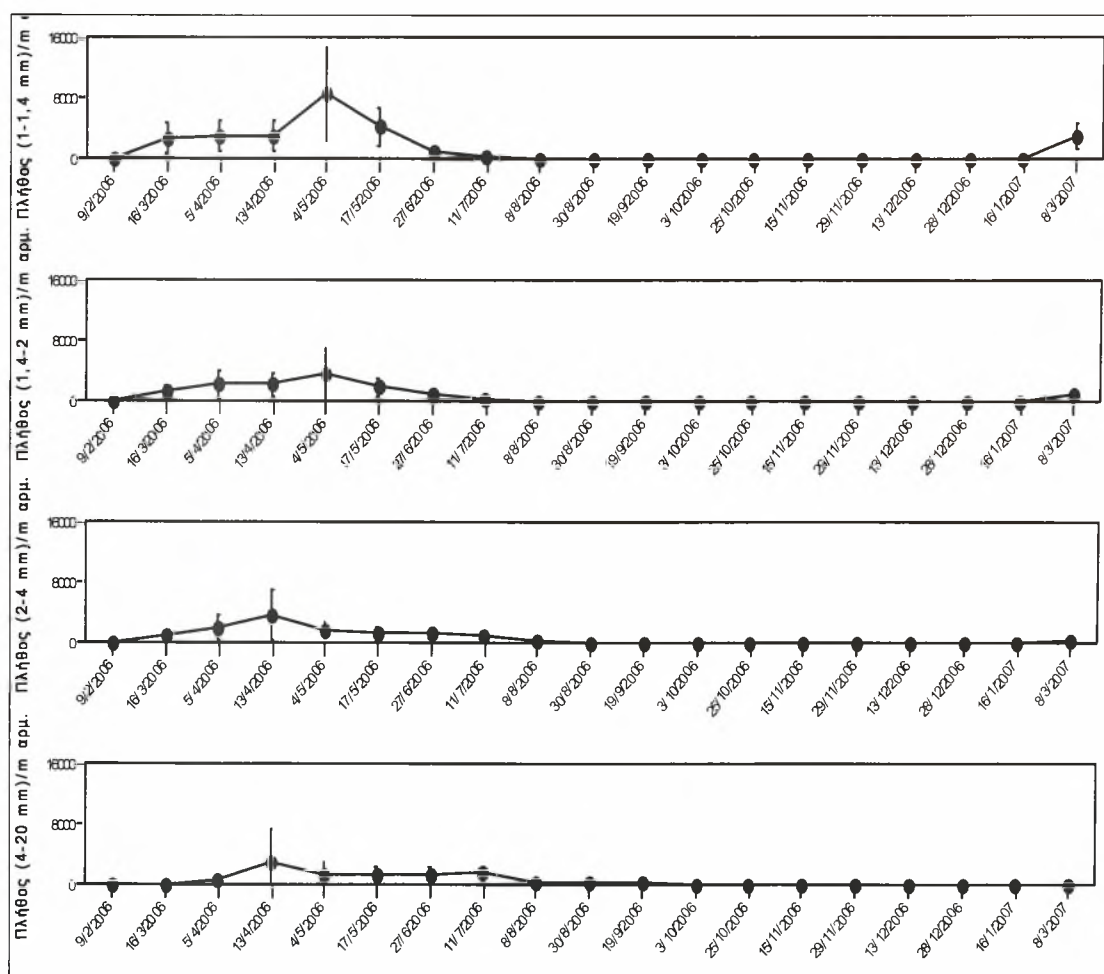
Μεγάλος αριθμός από τη μικρότερη κλάση μεγέθους (1-1,4 mm) άρχισε να εμφανίζεται στα μέσα Μαρτίου, έως τα μέσα Μαΐου, με μέγιστο στις αρχές Μαΐου.

Για την κλάση μεγέθους 1,4-2 mm, η εγκατάσταση αρχίζει να παρατηρείται στα μέσα Μαρτίου και διαρκεί έως το τέλος Ιουνίου, με μέγιστο στις αρχές Μαΐου.

Η κλάση μεγέθους 2-4 mm, αρχίζει να εντοπίζεται κι αυτή στα μέσα Μαρτίου και διαρκεί μέχρι τα μέσα Ιουλίου, με μέγιστο στα μέσα Απριλίου.

Η μεγαλύτερη κλάση μεγέθους 4-20 mm, αρχίζει να εντοπίζεται στις αρχές Απριλίου, με μέγιστο στα μέσα Απριλίου και διαρκεί μέχρι τα μέσα Ιουλίου.

Ίδια εικόνα παρουσιάζεται και κατά το έτος 2007 έως τον Μάρτιο που διήρκησαν οι δειγματοληψίες (Εικ.60).



Εικ. 60. Χρονική μεταβολή του μέσου αριθμού του γόνου ανά μέτρο αρμαθιάς, για κάθε κλάση μεγέθους, ανεξαρτήτως σταθμού. Όρια εμπιστοσύνης για 95 % πιθανότητα.

3.3.14 Χρονική μεταβολή της πυκνότητας του γόνου ανά κλάση μεγέθους σε κάθε σταθμό.

Η μεταβολή του αριθμού εγκατεστημένου γόνου στη διάρκεια της μελέτης για κάθε κλάση μεγέθους στον σταθμό M1, παρουσιάζεται την εικόνα 61.

Ο πρώτος γόνος που ανήκει στη μικρότερη κλάση μεγέθους (1-1,4 mm) εμφανίζεται σε μικρούς αριθμούς στα μέσα Μαρτίου, ενώ μέγιστη τιμή παρουσιάζει στις αρχές Μαΐου. Ίδια εικόνα παρουσιάζεται και κατά το έτος 2007.

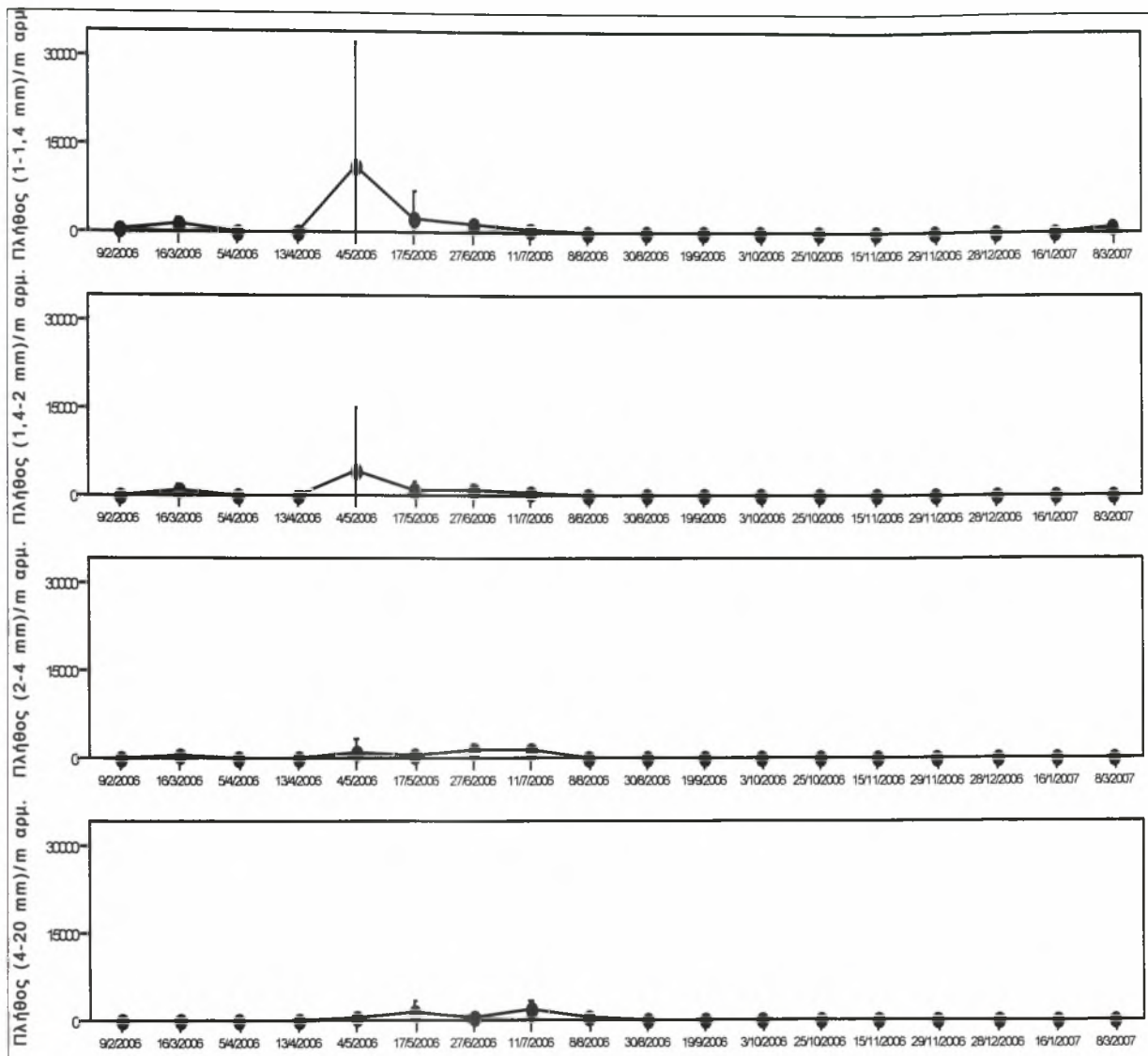
Η κλάση μεγέθους 1,4-2,0 mm, εμφανίζεται ταυτόχρονα με την μικρότερη κλάση, όπως προαναφέρθηκε, με τη διαφορά ότι εκπροσωπείται από μικρότερες τιμές.

Η κλάση μεγέθους 2,0-4,0 mm, αρχίζει να εντοπίζεται κι αυτή στις αρχές Μαρτίου και διαρκεί μέχρι τα μέσα Ιουλίου σε ακόμη χαμηλότερες τιμές.

Τέλος η μεγαλύτερη κλάση μεγέθους 4-20 mm, αρχίζει να εντοπίζεται στα μέσα Μαΐου και διαρκεί μέχρι τα μέσα Ιουλίου.

Ο σταθμός M1, παρουσιάζει σημαντικές διαφορές από τα γενικά αποτελέσματα του συνόλου των σταθμών (βλ. Εικ. 60).





Εικ. 61. Χρονική μεταβολή του αριθμού του γόνου ανά μέτρο αρμαθιάς, για κάθε κλάση μεγέθους, στο σταθμό M1.

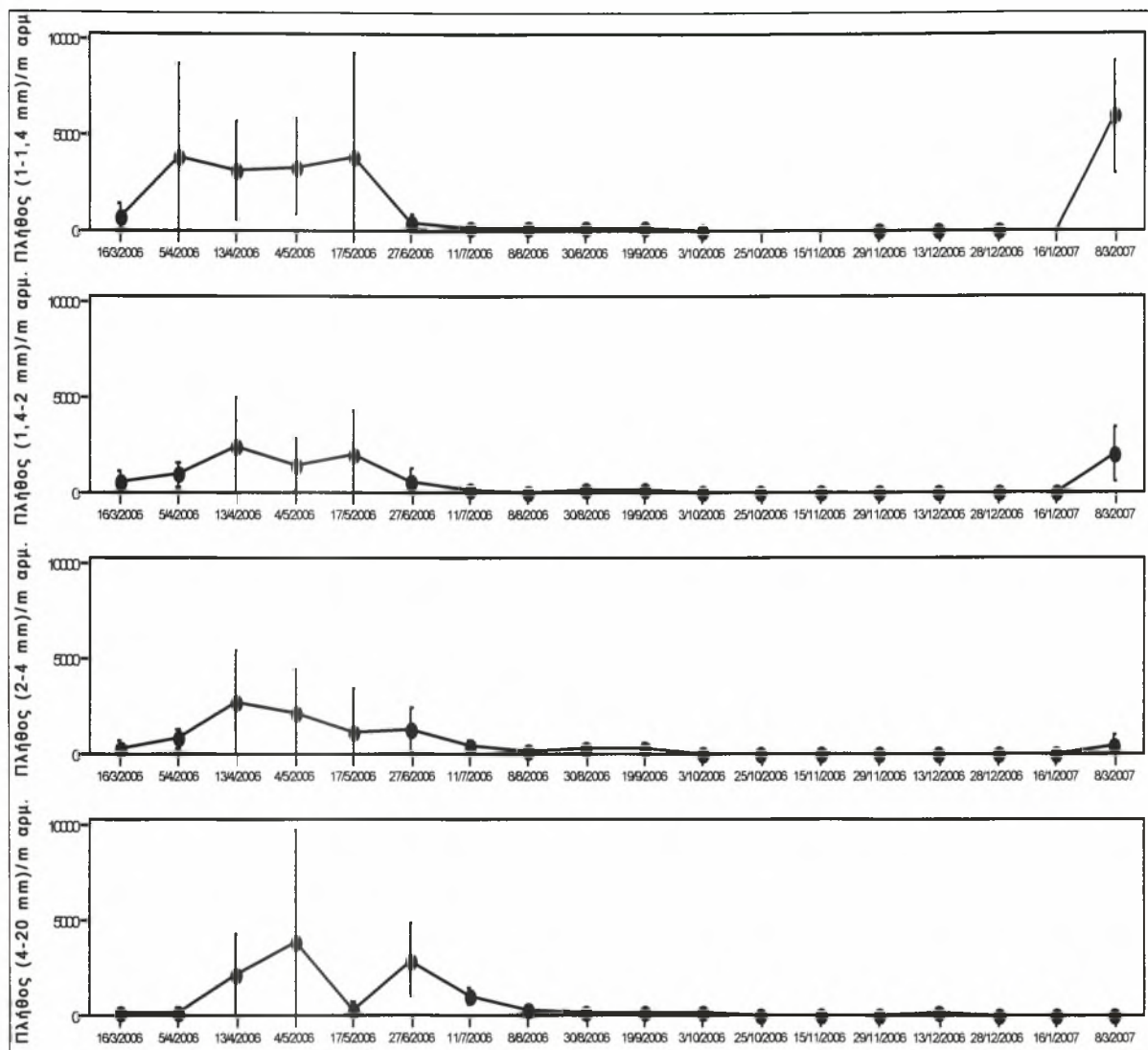
Η μικρότερη κλάση μεγέθους (1,0-1,4 mm) αρχίζει να εμφανίζεται από τα μέσα Μαρτίου έως τα μέσα Μαΐου, με παρόμοιες τιμές (Εικ. 62).

Η κλάση μεγέθους 1,4-2,0 mm, αρχίζει να παρατηρείται από τα μέσα Μαρτίου έως τον Ιούνιο, με παρόμοιες τιμές.

Η κλάση μεγέθους 2,0-4,0 mm, αρχίζει να εντοπίζεται εμφανώς στις αρχές Απριλίου και διαρκεί μέχρι το τέλος Ιουλίου, με μέγιστο στις αρχές Απριλίου. Ελάχιστα άτομα παρατηρούνται μέχρι και το Φθινόπωρο.

Η μεγαλύτερη κλάση μεγέθους 4,0-20,0 mm, αρχίζει να εντοπίζεται στα μέσα Απριλίου, με δύο μέγιστα στις αρχές Μαΐου το ένα και τα μέσα Ιουλίου το άλλο.

Ο σταθμός M2, δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές από τα γενικά αποτελέσματα του συνόλου των σταθμών (βλ. Εικ. 60).



Εικ. 62. Χρονική μεταβολή του αριθμού του γόνου ανά μέτρο αρμαθιάς, για κάθε κλάση μεγέθους, στο σταθμό M2.

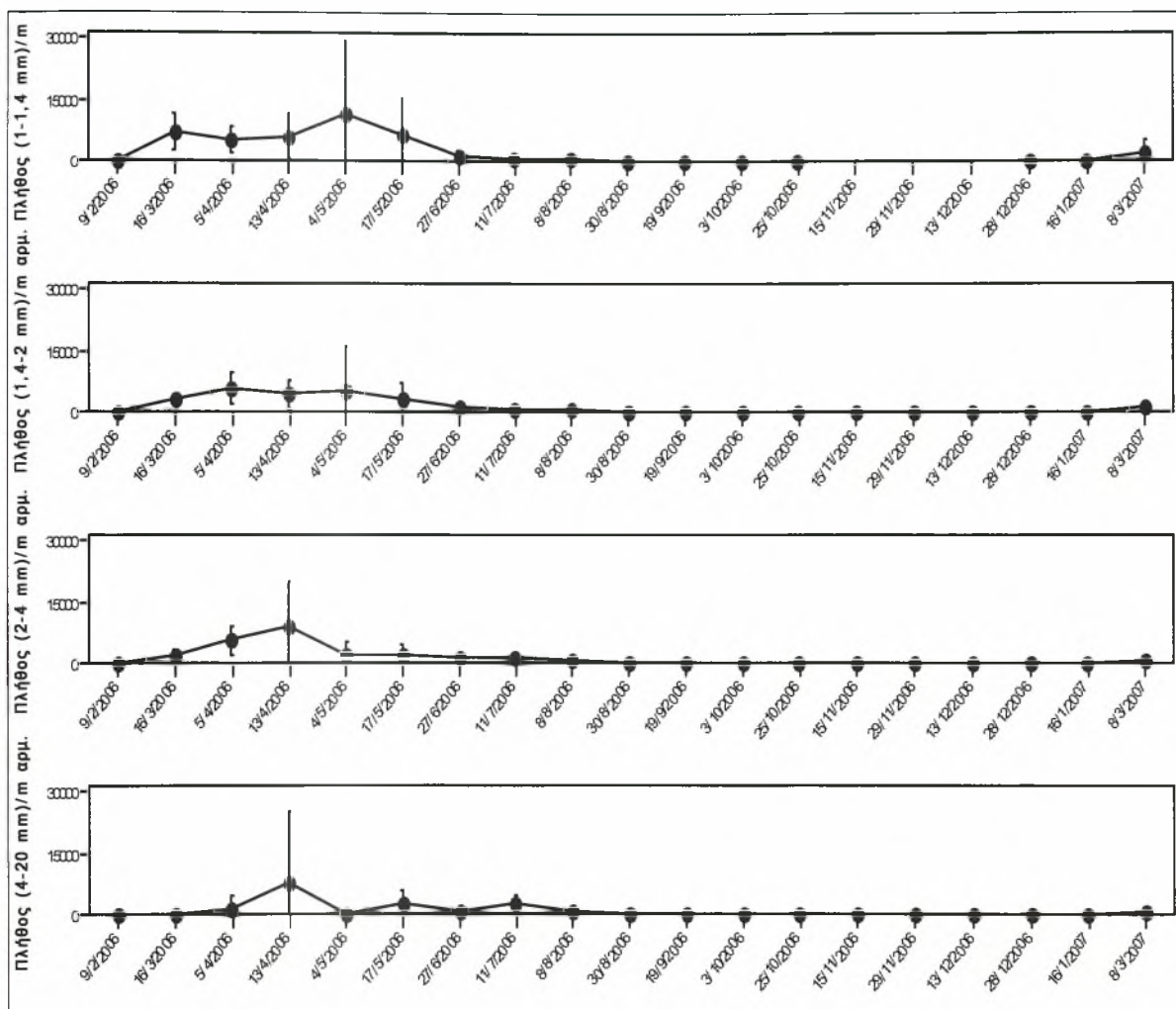
Στο σταθμό M3 η μικρότερη κλάση μεγέθους (1,0-1,4 mm) εμφανίζεται κυρίως από τα μέσα Μαρτίου έως τα μέσα Μαΐου, με μέγιστο στις αρχές Μαΐου (Εικ. 63).

Η κλάση μεγέθους 1,4-2,0 mm, παρατηρείται από τα μέσα Μαρτίου έως το τέλος Μαΐου.

Η κλάση μεγέθους 2,0-4,0 mm, αρχίζει να εντοπίζεται κι αυτή από τις αρχές Μαρτίου μέχρι τα μέσα Ιουλίου, με μέγιστη τιμή στα μέσα Απριλίου.

Η μεγαλύτερη κλάση μεγέθους 4,0-20,0 mm, εντοπίζεται τον Απρίλιο, με μέγιστη τιμή, τον Μάιο και τον Ιούλιο.

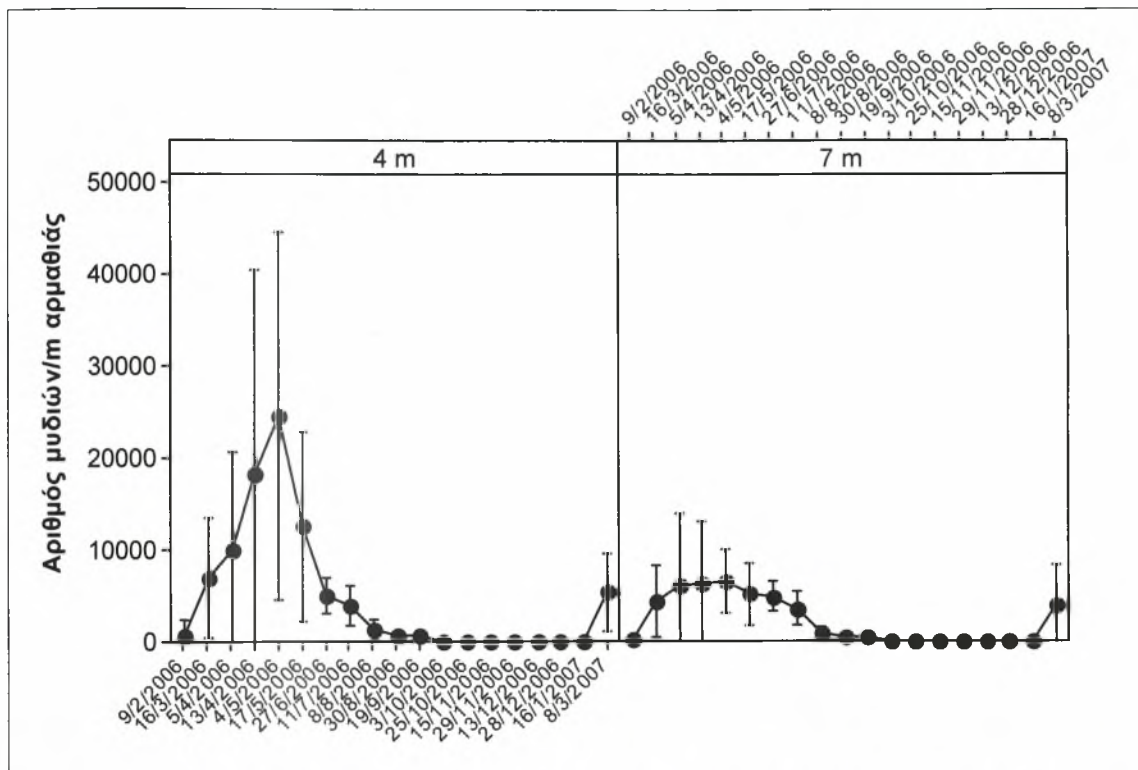
Ο σταθμός Μ3, δεν παρουσιάζει σημαντικές διαφορές από τα γενικά αποτελέσματα του συνόλου των σταθμών (βλ. Εικ. 60).



Εικ. 63. Χρονική μεταβολή του αριθμού του γόνου ανά μέτρο αρμαθιάς, για κάθε κλάση μεγέθους, στο σταθμό Μ3.

3.3.15 Χωροχρονική μεταβολή της συνολικής πυκνότητας του γόνου για βάθος 4 και 7 μέτρα

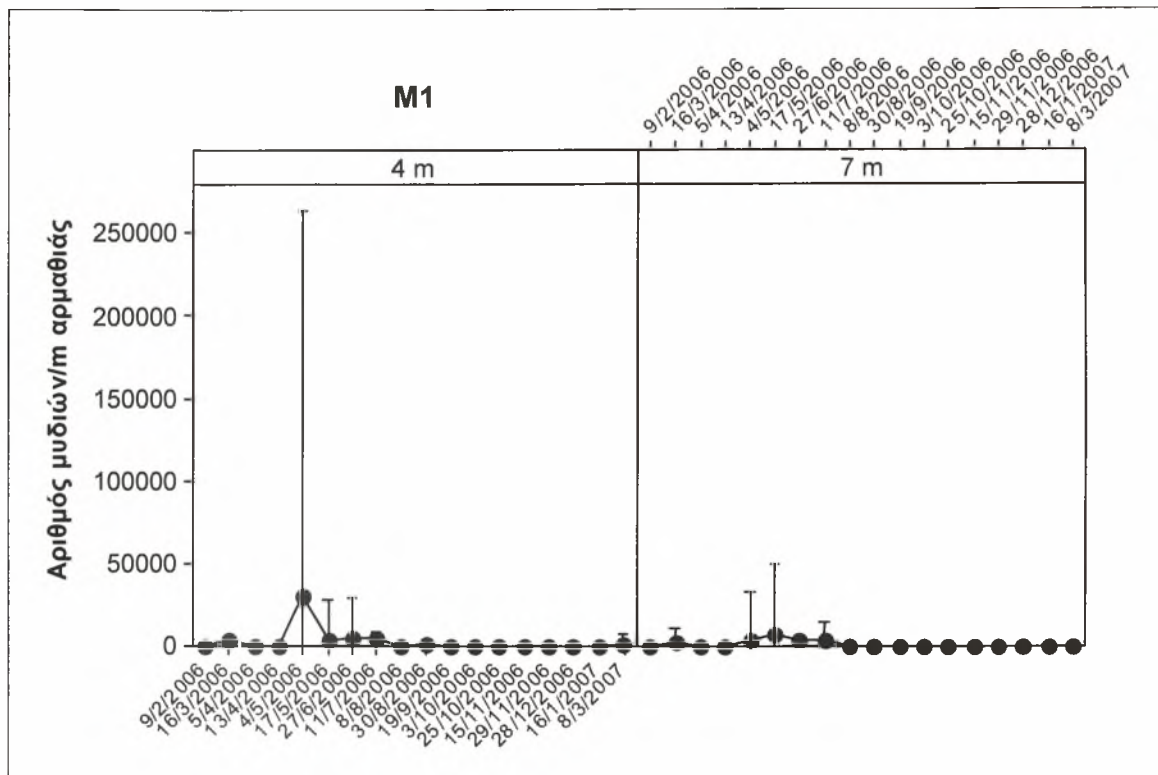
Σε σχέση με το βάθος φαίνεται ότι γενικά ο γόνος εγκαθίσταται κυρίως στην πάνω θέση δειγματοληψίας (4 μέτρα βάθος από την επιφάνεια) με μέγιστο τον μήνα Μάιο. Στα άκρα της περιόδου εγκατάστασης, οι τιμές μεταξύ 4 και 7 μέτρων βάθους δειγματοληψίας, είναι παρόμοιες (Εικ. 64).



Εικ. 64. Χωροχρονική μεταβολή του αριθμού του γόνου ανά μέτρο αρμαθιάς, στα 4 και στα 7 m, ανεξάρτητα σταθμού. Όρια εμπιστοσύνης για 95 % πιθανότητα.

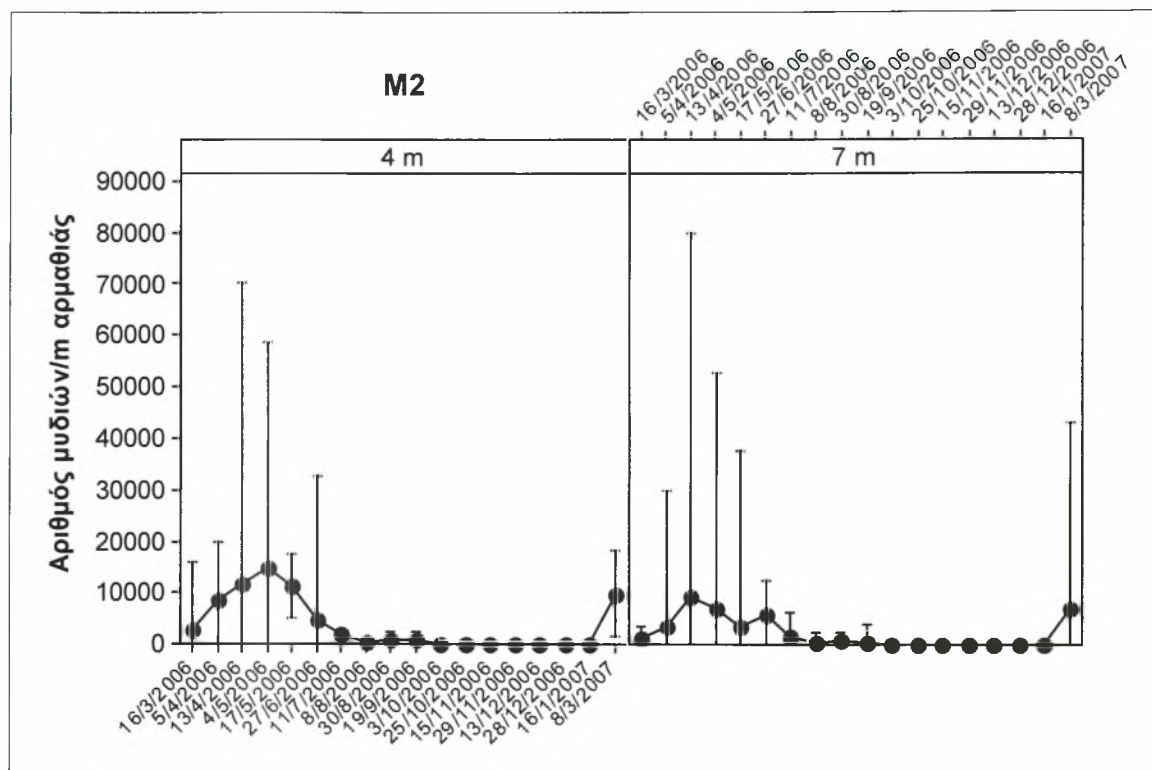
3.3.16 Χωροχρονική μεταβολή της πυκνότητας του γόνου για βάθος 4 και 7 μέτρα σε κάθε σταθμό

Στο σταθμό M1 και στο βάθος των 4 m από την επιφάνεια, παρατηρήθηκε ο μεγαλύτερος αριθμός ατόμων γόνου σε σχέση με τα 7 m, ακολουθώντας την εικόνα που δίνει η εγκατάσταση του γόνου ανεξάρτητα σταθμού προέλευσης (Εικ. 65).



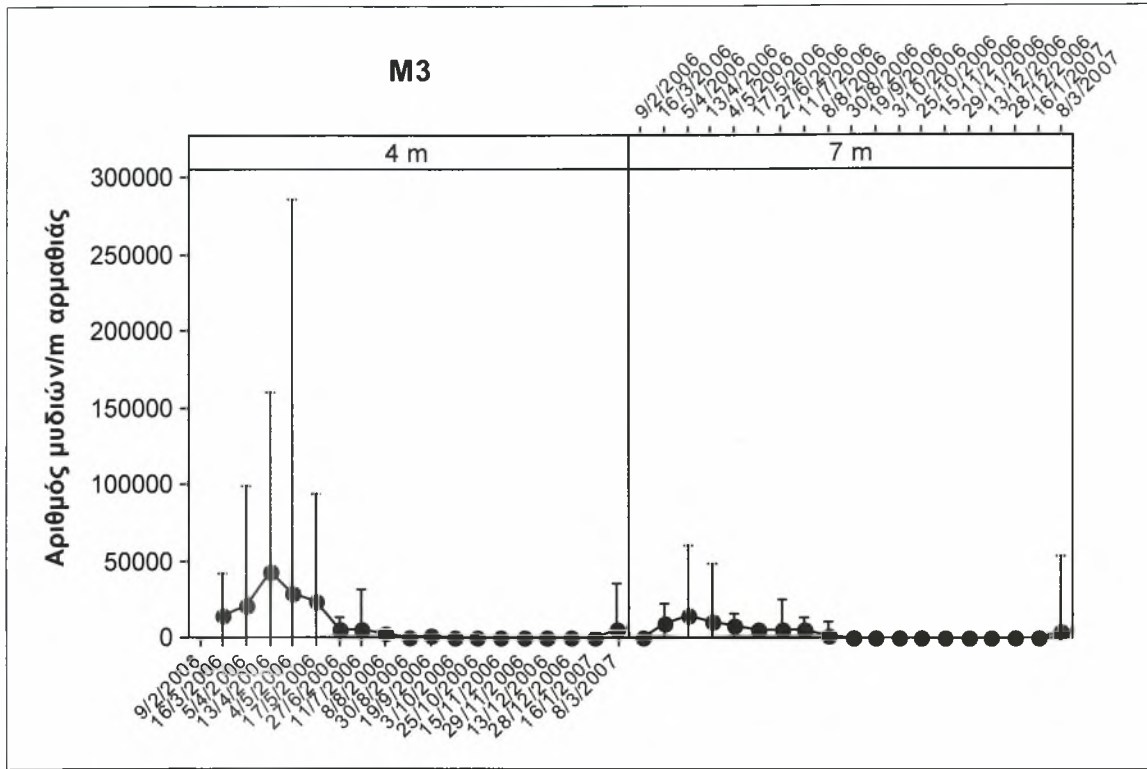
Εικ. 65. Χωροχρονική μεταβολή του αριθμού του γόνου ανά μέτρο αρμαθιάς, στα 4 και στα 7 m, στο σταθμό M1. Όρια εμπιστοσύνης για 95 % πιθανότητα.

Στον εσωτερικό σταθμό M2, ομοίως στα 4 m βάθος παρατηρούνται γενικά μεγαλύτερες μέσες τιμές από ότι στα 7 m. Σημειώνεται ότι οι μέγιστες τιμές εμφανίζονται νωρίτερα στο μεγαλύτερο βάθος του σταθμού αυτού (Εικ. 66).



Εικ. 66. Χωροχρονική μεταβολή του αριθμού του γόνου ανά μέτρο αρμαθιάς, στα 4 και στα 7 m, στο σταθμό M2. Όρια εμπιστοσύνης για 95 % πιθανότητα.

Τέλος και στο σταθμό M3 ο γόνος παρουσιάζει μεγαλύτερες μέσες τιμές στα 4 m, ενώ τα μέγιστα εμφανίζονται ταυτόχρονα και στα δύο βάθη (Εικ. 67).



Εικ. 67. Χωροχρονική μεταβολή του αριθμού του γόνου ανά μέτρο αρμαθιάς, στα 4 και στα 7 m, στο σταθμό M3.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

4.1.1 Θερμοκρασία αέρα

Η θερμοκρασία αέρα κατά την περίοδο της έρευνας αυτής δεν εμφανίζει αποκλίσεις από το εύρος των μέσων μηνιαίων μέγιστων-ελάχιστων τιμών της, συγκρινόμενη με αντίστοιχα στοιχεία της περιόδου 1977-1997 (ΕΚΘΕ, 1999) (εικ. 68). Επισημαίνεται όμως ότι η μέγιστη θερμοκρασία στην περίοδο μελέτης ~33 °C, εμφανίζεται σε λιγότερες περιπτώσεις στο ίδιο διάστημα 1977-1997.



Εικ. 68. Μέσες μέγιστες- ελάχιστες μηνιαίες θερμοκρασίες του αέρα της Θεσσαλονίκης για την περίοδο 1977- 1997 (Γαληνού-Μητσούδη, 1999).

4.1.2 Θερμοκρασία νερού

Οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες νερού παρατηρήθηκαν τον Αύγουστο (27 °C) και οι μικρότερες τον Ιανουάριο (7 °C), ακολουθώντας χρονικά τις θερμοκρασίες του αέρα. Ο χειμώνας του 2005 – 2006 ήταν ψυχρότερος από αυτόν του 2006-2007.

Οι θερμοκρασίες του αέρα ακολουθούν παρόμοια μεταβολή με τις θερμοκρασίες του νερού της περιοχής μελέτης στο βάθος 5 m που γίνεται η εκτροφή. Παρατηρήθηκε μέγιστη θερμοκρασία τον Αύγουστο και ελάχιστη τον Ιανουάριο. Σε σχέση με προηγούμενες περιόδους, το εύρος των μέσων μέγιστων-ελάχιστων θερμοκρασιών παρουσιάζεται διευρυμένο κατά τουλάχιστον 3 °C (Πιν. 6).

Πιν. 6. Εύρος των μέγιστων και ελάχιστων τιμών της θερμοκρασίας του νερού στην περιοχή μελέτης με στοιχεία δεκαετίας.

Χρονική περίοδος	Εύρος μέσων τιμών min- max	Βιβλιογραφική αναφορά
1997-1998	10,0-27,0 °C	ΕΚΘΕ, 1999
2000	13,5-26,0 °C	ΕΚΘΕ, 2001
2006-2007	7,0-27,0 °C	Παρούσα έρευνα

4.1.3 Επίδραση ανέμου - υδροδυναμισμός

Σύμφωνα με τα στοιχεία του Περιφερειακού Μετεωρολογικού Κέντρου Μακεδονίας της ΕΜΥ, επικρατέστεροι άνεμοι σε συχνότητα, για την περίοδο των δειγματοληψιών είναι των βορείων διευθύνσεων με πολύ μεγάλο ποσοστό (45-75 %), με δεύτερο τον νότιο (20-38 %), και τρίτο τον δυτικό (2-10 %), με γενικά χαμηλές εντάσεις. Τα στοιχεία αυτά ομοιάζουν με όλα τα παλαιότερα που δίνουν ως επικρατέστερους τους ανέμους βόρειων διευθύνσεων με συχνότητα μεγαλύτερη από 40% (Karageorgis & Anagnostou, 2001) αν και υπάρχουν αναφορές που θεωρούν ότι επικρατέστεροι άνεμοι το καλοκαίρι είναι οι νότιοι (Hyder et al., 2002; ΥΠΓΕ, 2003; Karageorgis et al., 2004).

Οι τιμές έντασης στην διάρκεια της μελέτης έφτασαν μέχρι και 8 m sec^{-1} ενώ ο μέσος όρος ήταν $1,73 \text{ m sec}^{-1}$ (με τις περισσότερες όμως καταγραφές να έχουν μικρές τιμές έντασης). Η ένταση του ανέμου για το 56,6 % της περιόδου της δειγματοληψίας ήταν της τάξης του $0-1 \text{ m sec}^{-1}$. Σύμφωνα με τους Hyder et al. (2002) & ΥΠΓΕ (2003), οι βόρειοι άνεμοι φτάνουν τα 20 m sec^{-1} και οι νότιοι τα 10 m sec^{-1} . Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, η περίοδος μελέτης μπορεί να θεωρηθεί περίοδος ασθενών ανέμων.

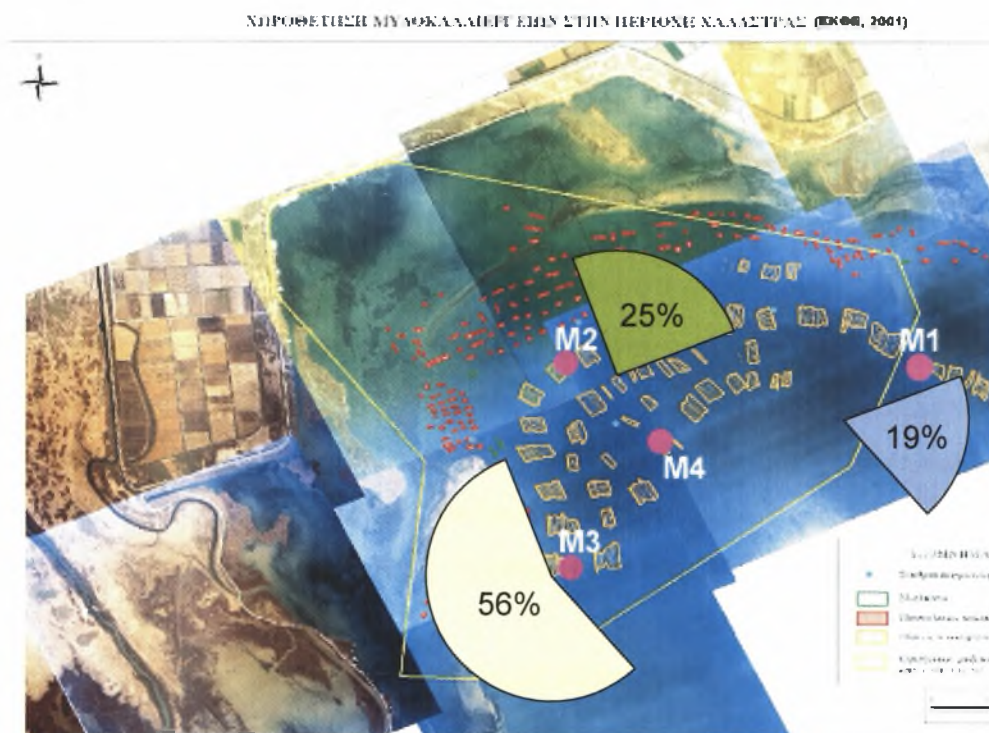
Οι άνεμοι που επικρατούσαν σε όλη τη διάρκεια της έρευνας στην περιοχή, ήταν βορείων διευθύνσεων με γενικά χαμηλές εντάσεις. Ως εκ τούτου η επίδραση των ανέμων στον κυματογενή υδροδυναμισμό της περιοχής (Savvidis et al., 2007) δεν αύξησε την ένταση των ρευμάτων της περιοχής.

Μετρήσεις υδροδυναμισμού από τους σταθμούς δειγματοληψίας, επιβεβαίωσαν το προβλεπτικό μοντέλο κατεύθυνσης (Barber & Volakos, 1997) στην περιοχή των μυδοκαλλιέργειών (Εικ. 11). Επίσης, το μοντέλο αυτό επιβεβαιώνεται

και από τις μετρήσεις του σχετικού υδροδυναμισμού με τη χρήση των γύψινων όγκων.

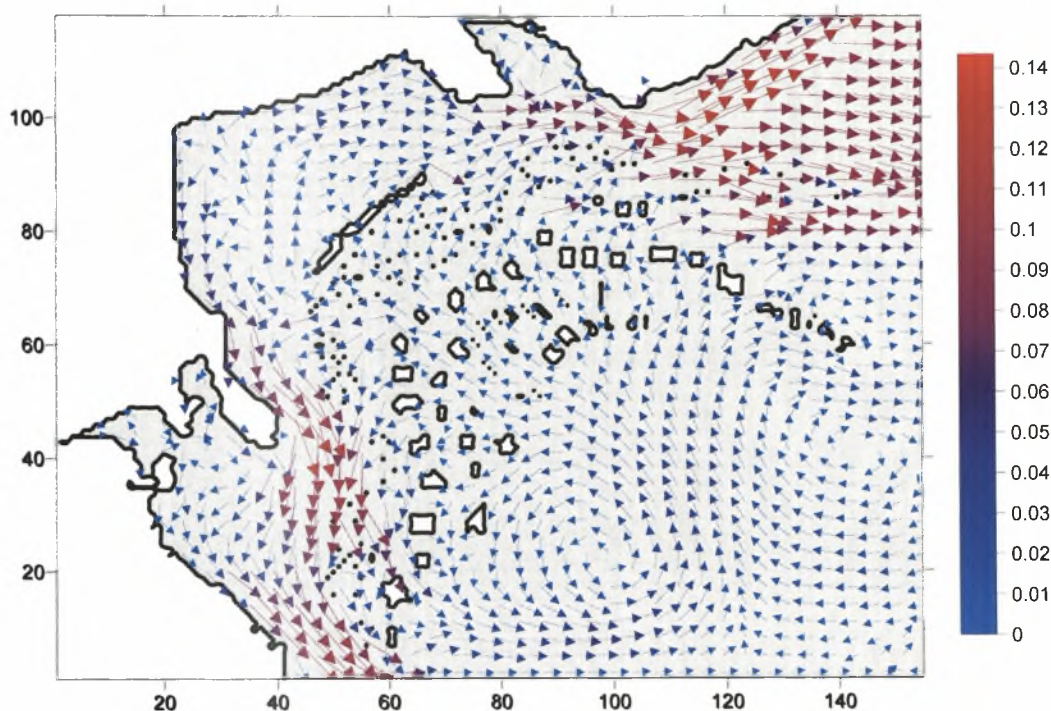
Στο μέσον μιας μυδοκαλλιέργειας οι τιμές που καταγράφονται στα 2-3 m από την επιφάνεια, μειώνονται απότομα στο 50 % σε βάθος 5 μέτρων. Οι μονάδες μυδοκαλλιέργειας μειώνουν την ένταση των ρευμάτων περισσότερο από 30 %, και η μείωση αυτή φτάνει το 70 %. Η ταχύτητα του ρεύματος φαίνεται ότι ανακτάται κατά την πορεία του προς την επόμενη μονάδα. Η παρεμπόδιση αυτή που προκαλεί η μονάδα στο ρεύμα είναι μεγαλύτερη όταν το ρεύμα είναι κάθετο στην πλευρά της πλωτής κατασκευής. Στην περιοχή της Χαλάστρας τα ρεύματα συνήθως έχουν ένταση 2 - 8 cm sec⁻¹, ενώ ρεύματα με ένταση μεγαλύτερη των 10 cm sec⁻¹ είναι σπάνια. Ρεύματα μεγαλύτερα των 8 cm sec⁻¹ είναι πιο συχνά στο τέλος του καλοκαιριού παρά το φθινόπωρο και αρχές χειμώνα (Savvidis et al., 2007).

Η κατεύθυνση και ένταση των ρευμάτων αποτελούν σημαντικό παράγοντα διασποράς των προνυμφών/νυμφών του μεροπλαγκτού. Έτσι το μοντέλο της κυκλοφορίας του νερού στην περιοχή μελέτης εξηγεί σε ένα μεγάλο βαθμό και το ποσοστό εγκατάστασης του γόνου στις διάφορες περιοχές (Εικ. 69).



Εικ. 69. Ποσοστιαία κατανομή της πυκνότητας του γόνου στους σταθμούς δειγματοληψίας.

Πιο συγκεκριμένα στην λεκάνη της Χαλάστρας, όταν φυσά βόρειος βορειοδυτικός άνεμος (επικρατέστερος στην περιοχή) δημιουργούνται ανατολικά βορειοανατολικά ρεύματα στη βόρεια και ανατολική πλευρά της λεκάνης, νότια και νοτιοανατολικά ρεύματα στην δυτική και νότια πλευρά, και νοτιοανατολικά ρεύματα δημιουργούνται στο κέντρο (Savvidis et al., 2007) (Εικ. 70).

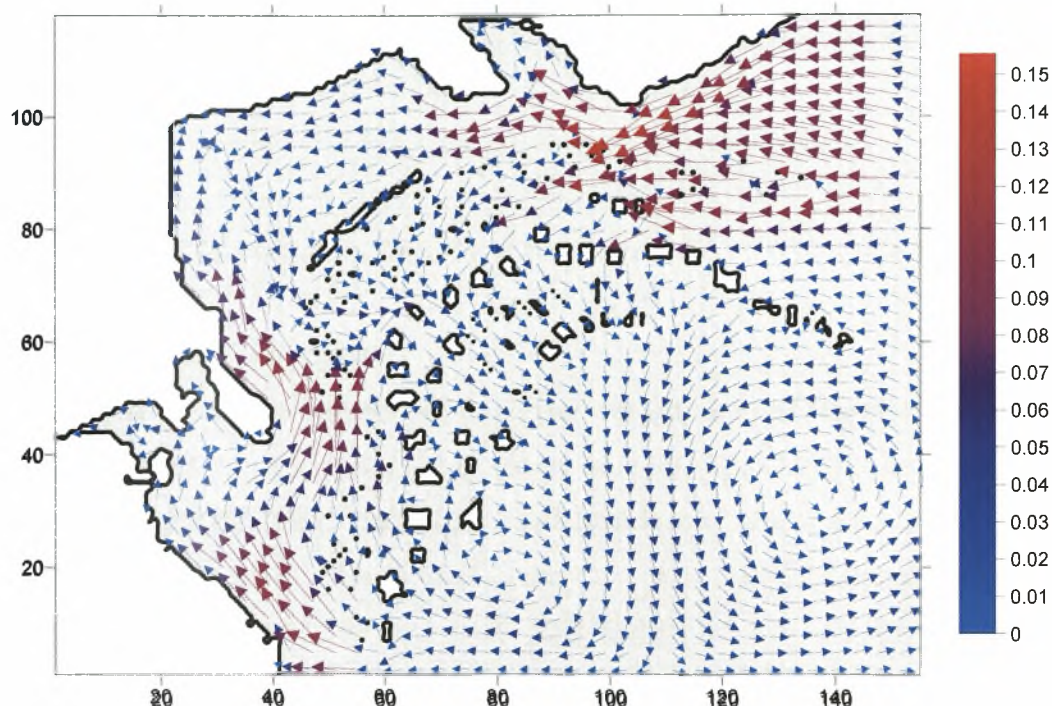


Εικ. 70. Υδροδυναμισμός με ΒΔ άνεμο.

Τα κυματογενή ρεύματα φαίνεται να μεταφέρουν στον M1, μικρές ποσότητες νυμφικών μορφών μυδιών διότι προέρχονται από την ανοιχτή θάλασσα όπου οι μονάδες απουσιάζουν ή είναι λίγες. Ο M2 φαίνεται να ευνοείται περισσότερο από τον M1 λόγω της θέσης του στο κέντρο των μονάδων και της κατεύθυνσης του ρεύματος που μεταφέρει νύμφες από τις μονάδες που βρίσκονται κυρίως προς τα νότιοανατολικά της. Ο σταθμός M3 φαίνεται να ευνοείται περισσότερο από τους υπόλοιπους σταθμούς επειδή γίνεται αποδέκτης νυμφών από πολύ μεγάλο αριθμό μονάδων (Εικ. 72).

Με νότιο άνεμο, που είναι ο δεύτερος επικρατέστερος στην περιοχή κατά τη διάρκεια της έρευνας, φαίνεται να ευνοείται περισσότερο ο σταθμός M2 καθώς όλα τα ρεύματα, διέρχονται από τις υπόλοιπες μονάδες (πλωτές και πασσαλωτές) και συγκλίνουν στο κέντρο της περιοχής μυδοκαλλιέργειών, μεταφέροντας τις νύμφες στα ανοιχτά. Ακολουθεί ο M3, καθώς είναι μεν στο νότιο άκρο των

μυδοκαλλιεργείων, αλλά το ρεύμα περνά πριν από ορισμένες παρακείμενες μονάδες και φαίνεται να μην απομακρύνεται αφού κάνει κυκλωνική κίνηση. Ο M1 και σε αυτή την περίπτωση δέχεται ρεύματα από ανατολικά όπου οι μονάδες είναι ελάχιστες (Εικ. 71).



Εικ. 71. Υδροδυναμισμός με ΝΑ άνεμο.

4.1.4 Υετός & αλατότητα

Η συνολική βροχόπτωση κατά την περίοδο μελέτης (Εικ. 36), μπορεί να θεωρηθεί υψηλή, σε σχέση με τον συνολικό ετήσιο υετό της περιόδου 1977-1998 (ΕΚΘΕ, 1999) (Εικ. 72).

Παρόλα αυτά, η αλατότητα δεν φαίνεται να επηρεάζεται άμεσα από τη βροχόπτωση (Κοτζίνος, 2007) αλλά κυρίως από τα ποτάμια και μόνο όταν αυτά παρέχουν νερό στη θάλασσα την χειμερινή περίοδο και με τις κατάλληλες συνθήκες (άνεμοι). Το υπόλοιπο διάστημα η ροή τους είναι ελάχιστη, από τη διαχείριση Π.Γ.Δ.Μ.-Ελλάδας. Επίσης υπάρχει ενδεχόμενο να επηρεάζεται η περιοχή από τις εκροές των αντλιοστασίων (στραγγιστικών τάφρων) και του αγωγού αποχέτευσης, στοιχείο όμως που πρέπει να εκτιμηθεί ποιοτικά και ποσοτικά.

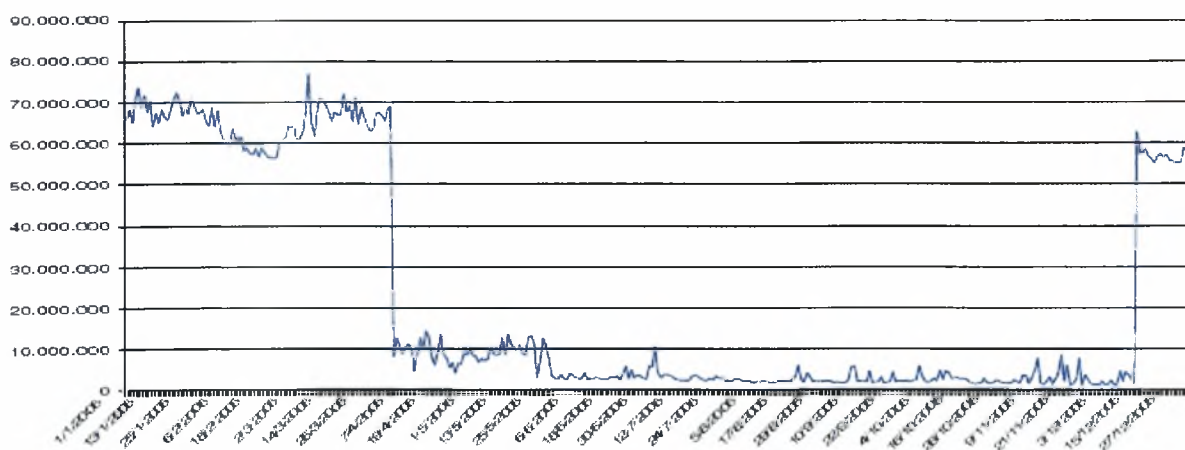


Εικ. 72. Ετήσιο ύψος βροχής για την περίοδο 1977-1997 (Γαληνού-Μητσούδη, 1999)

3.1.5 Εισροές ποταμών

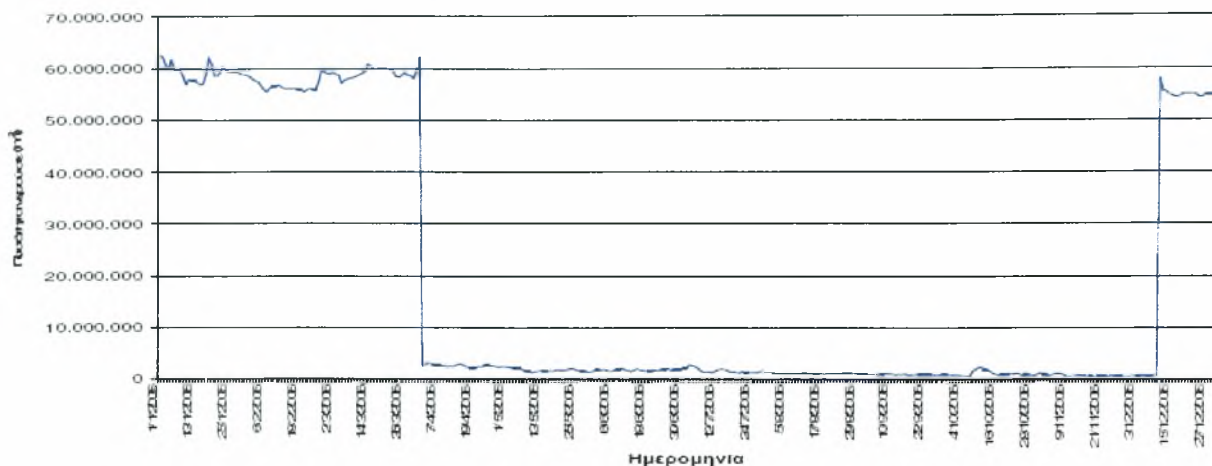
Από τον τέλος Δεκεμβρίου και για όλο τον χειμώνα οι εισροές γλυκών νερών στον Θερμαϊκό ήταν αυξημένες, της τάξης των 60-70.000.000 m³ (Εικ. 73). Το μεγαλύτερο ποσοστό των εισροών οφείλεται στον Αξιό, που είναι ο κύριος υδροδότης του Θερμαϊκού (Εικ. 74) (Κρεσενίτης κ.α., 1995). Μια απότομη μείωση τον Απρίλιο κατεβάζει τις εισροές στα 10.000.000 m³ και μία ακόμη τον Ιούνιο σχεδόν μηδενίζει τις παροχές για όλο το καλοκαίρι και το φθινόπωρο. Απότομη αύξηση παρατηρείται πάλι στα μέσα Δεκεμβρίου.

Οι εισροές των βασικών παροχών γλυκού νερού από τα ποτάμια Αξιού, Αλιάκμονα και Λουδία όπως φαίνονται στις εικόνες 74, 75, 76.



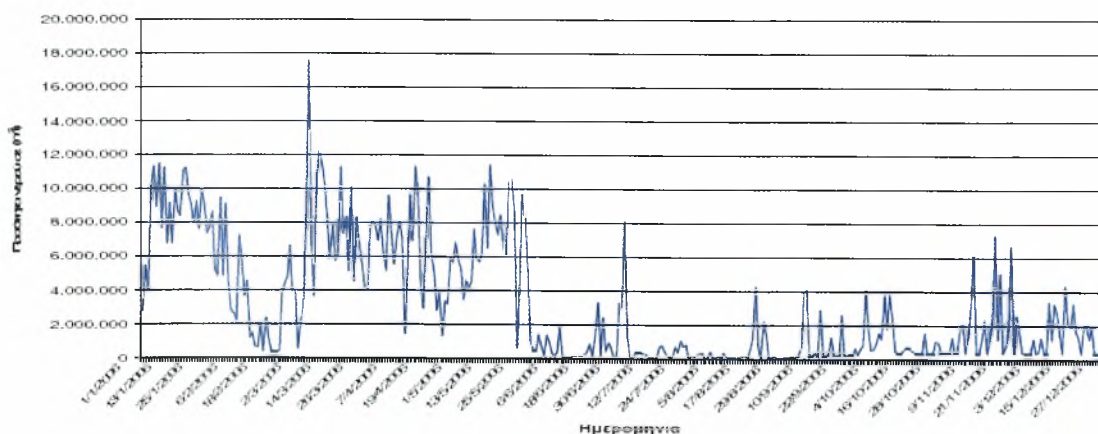
Εικ. 73. Εποχιακή διακύμανση της συνολικής ημερήσιας ποσότητας των νερών σε m³, των ποταμών Αξιού, Λουδία, Αλιάκμονα, που καταλήγει στη θάλασσα, στην ευρύτερη περιοχή έρευνας (Κοτζίνος, 2007).

Η μέση παροχή του Αξιού είναι $170 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$ (Κρεσενίτης κ.α., 1995).



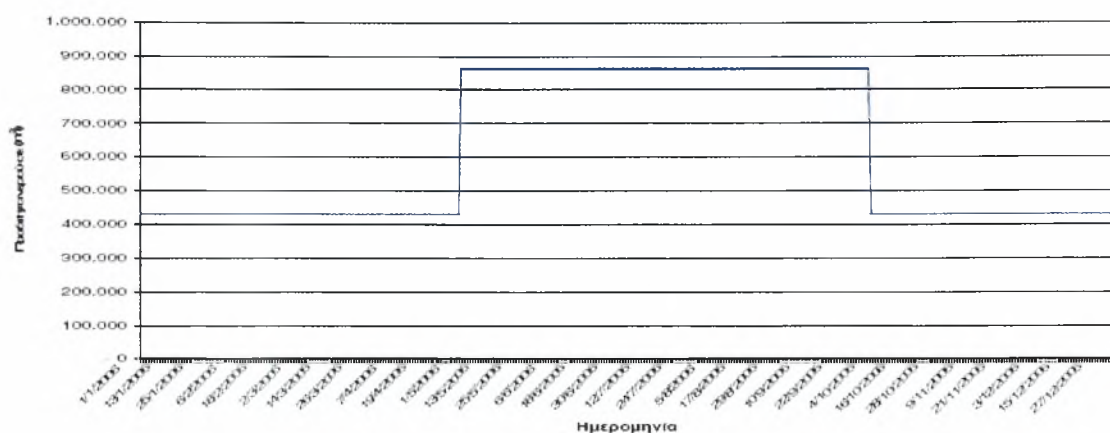
Εικ. 74. Εποχιακή διακύμανση της ημερήσιας ποσότητας των νερών σε m^3 , του ποταμού Αξιού, που καταλήγει στη θάλασσα, στην ευρύτερη περιοχή έρευνας (Κοτζίνος, 2007).

Η μέση παροχή του Αλιάκμονα είναι $80\text{-}100 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$ (Εικ. 75) και εξαρτάται ουσιαστικά από τις ανάγκες της ΔΕΗ και τις ανάγκες για άρδευση. Κατά τους θερινούς μήνες η παροχή του ποταμού είναι μηδενική εκτός σποραδικών βροχοπτώσεων (Κρεσενίτης κ.α., 1995)



Εικ. 75. Εποχιακή διακύμανση της ημερήσιας ποσότητας των νερών σε m^3 , του ποταμού Αλιάκμονα, που καταλήγει στη θάλασσα, στην ευρύτερη περιοχή έρευνας (Κοτζίνος, 2007).

Η μέση παροχή του Λουδία είναι $5\text{-}10 \text{ m}^3 \text{ sec}^{-1}$ (Εικ. 76). Έχει νερό κυρίως το καλοκαίρι και χρησιμεύει ως αποδέκτης των νερών άρδευσης (Κρεστενίτης κ.α., 1995)



Εικ. 76. Εποχιακή διακύμανση της ημερήσιας ποσότητας των νερών σε m^3 , του ποταμού Λουδία, που καταλήγει στη θάλασσα, στην ευρύτερη περιοχή έρευνας (Κοτζίνος, 2007).

Η εικόνα της συνολικής ποσότητας γλυκών νερών, ακολουθεί αυτή του Αξιού, που είναι ο κύριος υδροδότης του Θερμαϊκού.

Οι μυδοκαλλιέργειες εξαρτώνται άμεσα από το νερό του Αξιού και ιδιαίτερα από τα αιωρούμενα που παρέχει στο υδάτινο περιβάλλον. Η ύπαρξη γλυκών νερών και οργανικής φερτής ύλης στις εκβολές ενισχύει την γρήγορη ανάπτυξη των μυδιών, ενώ η έλλειψη νερού και φερτών υλικών ή η ρύπανση επηρεάζουν αρνητικά την παραγωγή (Karageorgis et al., 2004). Η μέση ετήσια παροχή του Αξιού ήταν στο παρελθόν $5,0 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ έτος}^{-1}$ και στην περίοδο 1995–2000 μειώθηκε σε $3,4 \times 10^9 \text{ m}^3 \text{ έτος}^{-1}$. Οι φερτές ύλες υπολογίζονται σε $1\text{-}2 \times 10^6 \text{ t έτος}^{-1}$, ενώ πρόσφατες μελέτες δείχνουν 10-20 φορές μικρότερες ποσότητες ($0,1 \times 10^6 \text{ t έτος}^{-1}$) (Karageorgis & Anagnostou, 2001). Η μείωση οφείλεται στα φράγματα και την χρήση του νερού για άρδευση, που μειώνουν την παροχή του ποταμού. Οι εισροές των ποταμών είναι σημαντικές για την περιοχή τους χειμερινούς μήνες μέχρι και τα μέσα Απριλίου. Λόγω του υδροδυναμισμού με Β, ΒΔ άνεμο που είναι και οι επικρατέστεροι αυτή την περίοδο, δεν παρατηρείται εισροή γλυκών νερών από τα ποτάμια στην περιοχή των μυδοκαλλιεργειών όπως φαίνεται και από την αλατότητα (Εικ. 45). Με Ν, ΝΔ άνεμο το καλοκαίρι, τα ρεύματα ωθούν γλυκά νερά από τους ποταμούς προς την περιοχή,

αν και η ποσότητα τους είναι μειωμένη, αφού η ροή των ποταμών είναι στα χαμηλότερα επίπεδα της (Εικ. 73).

4.1.6 Οξυγόνο

Γενικά οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου (DO_2) στο νερό σε όλη την περιοχή έρευνας και στην στήλη του νερού παρουσιάζει τιμές μεγαλύτερες από $5,7 \text{ mg l}^{-1}$. Περιπτώσεις υποξείας (λαμβάνοντας ως όριο υποξείας τα $2-3 \text{ mg l}^{-1}$, <http://www.esa.org>), παρατηρήθηκαν στους σταθμούς M2 και M3 τον Φεβρουάριο του 2006 και συνοδεύτηκαν με έντονη δυσσομία των δειγμάτων (υδρόθειο).

4.1.7 Διαύγεια

Η διαύγεια του νερού επηρεάζεται από την παρουσία στη στήλη του νερού αιωρούμενου υλικού (ανόργανου και οργανικού, ζωντανού ή νεκρού). Τα αιωρούμενα που μετρήθηκαν σε όλη την περίοδο μελέτης (κλάσμα σε φίλτρο $45 \mu\text{m}$) βρέθηκε να έχουν εύρος από 11 mg l^{-1} (16/1/06) έως 365 mg l^{-1} (8/3/07) και μέση τιμή $42,83 \text{ mg l}^{-1}$ (Moriki et al., 2007; Μωρίκη κ.ά., 2008), ενώ την περίοδο Ιανουαρίου- Ιουνίου οι τιμές κυμαίνονταν στα 20 mg l^{-1} (Αβραμίδου, 2007). Επίσης τα γενικά ασθενή ρεύματα δεν απομακρύνουν την οργανική ύλη και τα προϊόντα μεταβολισμού των μυδιών, συμβάλλοντας στη μειωμένη διαφάνεια του νερού της περιοχής, στις αντίστοιχες περιόδους. Συγκεκριμένα, η διαύγεια από τον Ιανουάριο μέχρι και τον Απρίλιο ήταν στα 5 m με ελάχιστη τον Μάιο (1 m) και μέγιστή τον Αύγουστο στα $7,20 \text{ m}$.

4.2 Βιολογικά στοιχεία

Η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α ως δείκτης ύπαρξης τροφής διατηρείται σε σχετικά χαμηλά επίπεδα όλο το χρόνο εκτός τις χειμερινές περιόδους. Ακολουθεί παρόμοιο πρότυπο μεταβολής σε όλους τους σταθμούς, με τον σταθμό M1 να εμφανίζει ελάχιστα καλύτερη εικόνα.

Περιοχές του κόλπου Θεσσαλονίκης εκτός περιοχής μυδοκαλλιεργειών, έχουν μέσες ετήσιες τιμές χλωροφύλλης-α που είναι εξαιρετικά μεγαλύτερες ($2,37 \text{ mg m}^{-3}$, SoHelME, 2005) από εκείνες που καταμετρήθηκαν μέσα στις μυδοκαλλιέργειες της παρούσας μελέτης κατά την ίδια περίοδο ($0,00 - 0,27 \text{ mg m}^{-3}$). Οι υψηλότερες τιμές που μετρήθηκαν στις μυδοκαλλιέργειες ήταν το χειμώνα του 2006 και του 2007 και κυμάνθηκαν από $0,20 - 0,27 \text{ mg m}^{-3}$ ενώ οι χαμηλότερες ήταν ($0,00 - 0,07 \text{ mg m}^{-3}$)

κατά την άνοιξη και το καλοκαίρι. Τιμές χλωροφύλλης-α στα μυδοτροφεία της Χαλάστρας από μετρήσεις που έγιναν το έτος 2000 (ΕΚΘΕ, 2001), συγκρινόμενες με τις αντίστοιχες της παρούσας εργασίας, έδειξαν ότι το 2006 τα επίπεδα χλωροφύλλης-α παρουσιάζονται τουλάχιστον υποδεκαπλάσια εκείνων του 2000. Πιο συγκεκριμένα, σύμφωνα με το ΕΚΘΕ (2001), στα 5 m βάθος από την επιφάνεια της θάλασσας όπου βρίσκεται ο κύριος όγκος της βιομάζας των μυδιών στις πλωτές εκτροφές, το Μάρτιο 2000, η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α ανήλθε σε 16 mg m^{-3} σε μυδοεκτροφή πολύ κοντά στη Μ1 της παρούσας έρευνας ενώ μειώνεται κατά 4 φορές σε σταθμό της ίδιας μελέτης που είναι ταυτόσημος με τον Μ2 της παρούσας. Τον Απρίλιο και Μάιο 2000, οι τιμές της χλωροφύλλης-α ήταν στα επίπεδα του $1-4 \text{ mg m}^{-3}$. Οι τιμές αυτές θεωρούνται πολύ χαμηλές αφού επίπεδα χλωροφύλλης-α $< 0,5 \text{ mg m}^{-3}$ σύμφωνα με τους Inglis et al. (2000), υποστηρίζουν για μικρά χρονικά διαστήματα χαμηλή αύξηση μυδιών και αν αυτά τα διαστήματα παραταθούν, όπως συμβαίνει στην περιοχή του ΒΔ κόλπου Θεσσαλονίκης, τότε τα μύδια χάνουν σωματικό βάρος.

Στην περιοχή παρατηρείται στρωμάτωση την άνοιξη και το καλοκαίρι η οποία εξασθενεί προοδευτικά το φθινόπωρο και ακολουθεί ομογενοποίηση της στήλης του νερού τον χειμώνα (Κοτζινός, 2007) (Πιν. 6). Η στρωμάτωση οφείλεται σε διαφορές αλατότητας και θερμοκρασίας (ΕΚΘΕ, 2001). Κατά τις στρωματώσεις καταγράφηκαν ελάχιστες ποσότητες χλωροφύλλης-α (Εικ. 48). Θεωρείται ότι η στρωμάτωση επηρεάζει την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού. Συγκεκριμένα σύμφωνα με τους Bardach et al. (1972) και τους Fuentes et al. (2000), η ανάπτυξη των μυδιών του είδους *Mytilus galloprovincialis* στην βορειοδυτική ακτή της Ισπανίας (Γαλικία) είναι μικρότερη το καλοκαίρι και μέγιστη τον χειμώνα και αυτό το παράδοξο οφείλεται στην έλλειψη φυτοπλαγκτού το καλοκαίρι λόγω στρωμάτωσης και όχι λόγω της θερμοκρασίας.

Πιν. 7. Η δομή της στήλης του νερού στην περίοδο έρευνας (Κοτζινης, 2007).

Μήνες	ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΣΤΗΛΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ							
	Μ1		Μ2		Μ3		Μ4	
	Ομογενοποίηση	Στρομάτωση	Ομογενοποίηση	Στρομάτωση	Ομογενοποίηση	Στρομάτωση	Ομογενοποίηση	Στρομάτωση
Ιανουάριος	√		√		√		√	
Φεβρουάριος	√		√		√		√	
Μάρτιος		√	√			√		√
Απρίλιος		√		√		√		√
Μάιος		√		√		√		√
Ιούνιος		√		√		√		√
Ιούλιος		√		√		√		√
Αύγουστος		√	√		√			√
Σεπτέμβριος	√		√		√		√	
Οκτώβριος	√			√		√		√
Νοέμβριος	√		√		√			√
Δεκέμβριος	√		√		√		√	

Τους χειμερινούς μήνες (Δεκέμβριο, Ιανουάριο, Φεβρουάριο) η συγκέντρωση της χλωροφύλλης βρίσκεται σε σχετικά υψηλά επίπεδα

4.3 Δυναμική του γόνου

4.3.1 Χωρική μεταβολή

Ο περισσότερος γόνος (56 %) συλλέχθηκε από τον σταθμό Μ3, στο νότιο άκρο των μυδοκαλλιεργειών. Ακολουθεί ο κεντρικός σταθμός Μ2 (25 %), και ο λιγότερος γόνος (19 %), συλλέχθηκε από τον σταθμό Μ1 στο βορειοανατολικό άκρο. Ενδέχεται με τον υδροδυναμισμό που δημιουργείται στην περιοχή με βορειοδυτικό άνεμο (ο επικρατέστερος και με μεγάλη διαφορά την περίοδο εγκατάστασης των μυδιών), η μειωμένη ύπαρξη εγκατάστασης στον σταθμό Μ1, να οφείλεται στη μειωμένη μεταφορά των νυμφών με παθητικό τρόπο (Seed & Suchanek 1992) προς τα βόρεια – βορειοανατολικά (Εικ. 69). Αυτά τα ρεύματα δεν φαίνεται να μεταφέρουν μεγάλους αριθμούς νυμφικών μορφών μυδιών επειδή προέρχονται από την ανοιχτή θάλασσα όπου δεν υπάρχουν μονάδες. Ο Μ2 φαίνεται να ευνοείται περισσότερο από τον Μ1 λόγω της θέσης του στο κέντρο των μονάδων και της κατεύθυνσης του ρεύματος που μεταφέρει νύμφες από άλλες παρακείμενες μονάδες. Ο σταθμός Μ3

φαίνεται να ευνοείται περισσότερο από τους υπόλοιπους σταθμούς λόγω του υδροδυναμισμού.

Με νότιο άνεμο, που είναι ο δεύτερος επικρατέστερος στην περιοχή κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης αλλά και τους μήνες πριν απ' αυτήν, φαίνεται να ευνοείται περισσότερο ο σταθμός M2 καθώς όλα τα ρεύματα, διέρχονται από τις υπόλοιπες μονάδες (πλωτές και πασσαλωτές) και καταλήγουν στο κέντρο μεταφέροντας τις νύμφες. Ακολουθεί ο M3, καθώς είναι μεν στο νότιο άκρο των μυδοκαλλιεργειών, αλλά το ρεύμα διέρχεται από μονάδες και φαίνεται να μην απομακρύνεται αλλά λόγω της κυκλωνικής κίνησης στην περιοχή. Ο M1 και σε αυτή την περίπτωση δέχεται ρεύματα από ανατολικά όπου δεν υπάρχουν άλλες μονάδες.

Μετά τα παραπάνω, η μονάδα του σταθμού M1 εξαρτάται κατά πολύ από τη συλλογή από άλλες περιοχές ενώ οι άλλες μονάδες-σταθμοί (M2 και M3) μπορούν και στηρίζονται περισσότερο στην δική τους παραγωγή.

4.3.2 Χωρική μεταβολή σε σχέση με το βάθος

Οι μετρήσεις της παρούσας εργασίας σε σχέση με το βάθος εγκατάστασης γόνου, αφορούν σε βάθη υποεπιφανειακά (4 & 7 m), αφού εκεί είναι τοποθετημένες οι αρμαθίες των πλωτών μυδοκαλλιεργειών και οι συλλεκτήρες γόνου που οι παραγωγοί τοποθετούν μεταξύ των αρμαθών με μεγάλα μύδια (Εικ. 77).



Εικ. 77. Συλλεκτήρας γόνου (δίχτυ ανάμεσα στις αρμαθιές). Στη φωτογραφία η γραμμή παραγωγής (μάνα) είναι αναρτημένη για τις απαραίτητες μετρήσεις. Όταν βυθιστεί, το βάθος της αρχής του συλλεκτήρα και των αρμαθών βρίσκεται περίπου στα 4 μέτρα και το τέλος στα 7 μέτρα.

Από το σύνολο των σταθμών, τα δύο τρίτα του γόνου συλλέχθηκαν από το πάνω κομμάτι της αρμαθιάς (4m) σε σχέση με το κάτω (7m), και στους τρεις σταθμούς. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με την Ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία. Είναι διαπιστωμένο ότι όσο αυξάνει το βάθος, τόσο μικρότερη είναι η εγκατάσταση του γόνου των μυδιών (Incze & Lutz, 1980; Fuentes & Molares, 1993; Theodorou et al., 2006a).

4.3.3 Χρονική μεταβολή της πυκνότητας του γόνου

Ο γόνος εμφανίζεται στις αρμαθιές κυρίως από τον Μάρτιο έως τον Ιούλιο, με μέγιστο τον Μάιο ενώ υπάρχει συνεχής παρουσία γόνου το υπόλοιπο έτος αλλά σε ελάχιστο αριθμό, σε σχέση με αυτή την περίοδο. Στα συμπεράσματα αυτά φτάνουν και άλλοι ερευνητές στην Ελλάδα (Theodorou et al., 2006a) και στην Αδριατική (Hrs-

Brenko, 1973), ενώ σε άλλες περιοχές της Ευρώπης η περίοδος εγκατάστασης είναι διαφορετική (Fuentes & Molares, 1993; Fuentes et al., 2000; Ferran et al., 1990)

Στην Ελλάδα, στον Μαλιακό κόλπο, βρέθηκε ότι πιθανόν να υπάρχει δεύτερη περίοδος αναπαραγωγής (πρώτη τον Νοέμβριο-Ιανουάριο), με βάση ιστολογικά στοιχεία γονάδων που δείχνουν αναδιοργάνωση στην περίοδο του Μαρτίου (Theodorou et al., 2006b). Μια αντίστοιχη έρευνα θα ήταν ενδιαφέρουσα και στον Θερμαϊκό κόλπο.

4.3.4 Χρονική μεταβολή σε σχέση με τις κλάσεις μεγεθών

Όπως είναι αναμενόμενο τον Μάρτιο στην αρχή της περιόδου εμφανίζεται η μικρότερη κλάση μεγέθους που σταδιακά μεγαλώνει σε επόμενες δειγματοληψίες. Η δεύτερη εμφάνιση της μικρότερης κλάσης τον Μάιο, αποτυπώνει μία καινούρια εγκατάσταση, προφανώς από νέα ωοτοκία. Το γεγονός ότι όλο το χρόνο βρίσκεται γόνος αλλά σε πολύ μικρό αριθμό και μόνο από τις μεγαλύτερες κλάσεις μεγεθών, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για γόνου αυτών των γεννήσεων, με χαμηλή ανάπτυξη.

Η μεγαλύτερη κλάση μεγέθους 4-20 mm, αρχίζει να εντοπίζεται στις αρχές Απριλίου, με μέγιστο στα μέσα Απριλίου και διαρκεί μέχρι τα μέσα Ιουλίου (Πιν. 8).

Πρέπει να σημειωθεί όμως το γεγονός ότι οι νύμφες μυδιών από φθινοπωρινή ωοτοκία φτάνουν σε πολύ μειωμένες πυκνότητες από το στάδιο N1 (σχήμα D) στο στάδιο N3 (πριν από την εγκατάσταση) και σχεδόν καθόλου δεν εμφανίζονται στην μικρότερη κλάση του γόνου.

Η μη εμφάνιση γόνου από την φθινοπωρινή ωοτοκία του 2006, μπορεί να οφείλεται σε περιβαλλοντικές συνθήκες που επηρεάζουν την επιβίωση των νυμφών καθώς και την ικανότητα μεταμόρφωσης και εγκατάστασής τους. Για παράδειγμα το φθινόπωρο του 2006, η ποσότητα της τροφής εκφρασμένη σε chl-a ήταν στα χαμηλότερα επίπεδα της περιόδου μελέτης (βλ. Εικ.). Οι εκτροφείς όμως, τοποθετούν συλλεκτήρες μόνο στα μέσα του χειμώνα. Η εμπειρική αυτή διαδικασία πιθανόν να οφείλεται σε γενικευμένη επιτυχή εγκατάσταση του γόνου μόνο την εαρινή περίοδο, ανεξάρτητα από τον αριθμό των ωοτοκιών στη διάρκεια του έτους.

4.4 Διαχείριση του γόνου

Η αύξηση του εγκατεστημένου γόνου μέχρι το μέγεθος των 2 cm, που αποτελεί το μέγεθος πλέον που διαχειρίζεται ο μυδοκαλλιεργητής, ολοκληρώνεται

μέχρι το καλοκαίρι. Τα στάδια που ακολουθεί η αύξηση του γόνου στην περιοχή μελέτης έχουν ως εξής:

Πιν. 8 Χρονική μεταβολή των κλάσεων μεγεθών και διαχείριση του γόνου.

Μήνας	Νύμφες πρώιμο στάδιο (σχήμα D)	Νύμφες στάδιο πεδοπεπ λοφόρου	Γόνος 1-1,4 mm	Γόνος 4-20 mm	Χειρισμός
Ιανουάριος	***				Τοποθέτηση συλλεκτήρων
Φεβρουάριος	***	***			
Μάρτιος	****	****	**		
Απρίλιος	*	*	**	**	
Μάιος	*		****	*	Συλλογή γόνου
Ιούνιος			**	*	Συλλογή γόνου
Ιούλιος				*	Συλλογή γόνου
Αύγουστος					
Σεπτέμβριος	*				
Οκτώβριος	*****				
Νοέμβριος	*	*			
Δεκέμβριος	**	**			Τοποθέτηση συλλεκτήρων

* Λίγα άτομα, ** αρκετά άτομα, ***πολλά άτομα, ****πάρα πολλά άτομα

Η τοποθέτηση συλλεκτήρων γόνου είναι πολύ σημαντική εργασία επειδή απαλλάσσει τον καλλιεργητή να αναζητά γόνο από φυσικά αποθέματα και να διαταράσσει το περιβάλλον, αποφεύγει χρόνο και εργατικά και επιπλέον αποφεύγει προβλήματα που προκύπτουν από τη μεταφορά του γόνου από τοποθεσίες συγκομιδής στις εκτροφές που πρέπει να γίνεται όσο το δυνατόν γρηγορότερα

(συνήθως την ίδια μέρα) για να αποφευχθεί το στρες και η θνησιμότητα στα μύδια (Fuentes & Molares, 1993). Οι ίδιοι συγγραφείς αναφέρουν ότι σε άλλες χώρες γίνεται αγώνας από τους επιστήμονες και τους φορείς, να πείσουν τους παραγωγούς για τη χρησιμότητα των συλλεκτήρων έναντι στην παραδοσιακή συλλογή από φυσικούς πληθυσμούς από βραχώδεις περιοχές

Στην περιοχή μελέτης συνήθως, οι παραγωγοί δένουν σχοινιά ή δίχτυα μυδιών (κάλτσες) από το κεντρικό σκοινί (μάννα), ανάμεσα στις αρμαθιές. Οι συλλεκτήρες θα πρέπει να τοποθετηθούν νωρίς για να προλάβουν την εγκατάσταση, όχι όμως πολύ νωρίς για να μην καλυφθούν αυτοί από ανταγωνιστές οργανισμούς, βακτήρια και φύκη, γεγονός που καθιστά δύσκολη την εγκατάσταση γόνου πάνω τους. Εκτός των συλλεκτήρων, αποκολούν γόνο από τις υπάρχουσες κατασκευές του μυδοτροφείου και από τις αρμαθιές με τα ενήλικα μύδια. Οι παραγωγοί συνηθίζουν να τοποθετούν συλλεκτήρες γόνου μία φορά στα μέσα Δεκεμβρίου και άλλη μία στα μέσα Ιανουαρίου. Από τους πρώτους παίρνουν το γόνο στα τέλη Απριλίου με αρχές Μαΐου και από τους δεύτερους το πρώτο δεκαπενθήμερο του Ιουνίου (από συνεντεύξεις με τους παραγωγούς και προσωπική παρατήρηση)

Παράλληλα με την συλλογή γόνου θα πρέπει να γίνεται και η τοποθέτησή του στην μονάδα. Συνήθως, την μία μέρα συλλέγεται / συγκεντρώνεται ο γόνος και την επόμενη κρεμιέται στα σχοινιά αφήνοντας τον ένα βράδυ μέσα στο νερό. Για την τοποθέτηση του γόνου στα δίχτυα χρησιμοποιείται ένας πλαστικός σωλήνας διαμέτρου 6 cm και μήκους 80 cm. Η διάμετρος του σωλήνα αλλά και το μέγεθος των νεαρών μυδιών θα καθορίσουν την πυκνότητα του γόνου μέσα στο δίχτυ. Μια επιθυμητή πυκνότητα είναι 2 κιλά ανά μέτρο ενώ το μήκος των δικτυών προτείνεται να κυμαίνεται από 3 έως 5 m. Τα δίχτυα που χρησιμοποιούνται έχουν μήκος πλευράς «ματιών» 20-28 mm ανάλογα με το μέγεθος των νεαρών μυδιών.

Στα δίχτυα τοποθετούνται τα συσσωματώματα γόνου ενώ τα μεμονωμένα άτομα τοποθετούνται σε σακιά ανά 6-7 κιλά και πρέπει να παραμείνουν στο νερό για 2-3 ημέρες για να αναπτυχθεί ο βύσσος τους κι έτσι στερεώνεται το ένα στα κελύφη των άλλων δημιουργώντας πάλι νέα συσσωματώματα.

4.5 Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας, στην παρούσα εργασία έγινε διερεύνηση της δυναμικής του γόνου των μυδιών στη θαλάσσια λεκάνη της Χαλάστρας που αποτελεί τη σημαντικότερη περιοχή οργανωμένης ανάπτυξης μυδοκαλλιεργειών στην Ελλάδα.

Η συλλογή των στοιχείων της δυναμικής του γόνου των μυδιών στην περιοχή μελέτης, μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση της κατάστασης στην σημαντική αυτή περιοχή μυδοκαλλιέργειας και στη διαμόρφωση – βελτίωση – τροποποίηση των διαχειριστικών ενεργειών.

Σύμφωνα με τα δεδομένα, προκύπτει ότι:

- Ο γόνος εγκαθίσταται κυρίως από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο, με μεγαλύτερη ένταση από Μάρτιο έως Ιούλιο και μέγιστη τον Μάιο. Γόνος υπάρχει όλο το χρόνο αλλά σε ελάχιστους αριθμούς σε σχέση με την κύρια περίοδο και μόνον στις μεγάλες κλάσεις μεγέθους (2-20 mm).
- Η μέση πυκνότητα του γόνου στην περίοδο εγκατάστασης ήταν από 2.500 άτομα/μέτρο αρμαθιάς έως 25.000 άτομα/μέτρο αρμαθιάς με μέσο όρο τα 15.000 άτομα/μέτρο αρμαθιάς.
- Μεγάλος αριθμός από τη μικρότερη κλάση μεγέθους (1-1,4 mm) αρχίζει να εμφανίζεται στα μέσα Μαρτίου, έως τα μέσα Μαΐου, με μέγιστο στις αρχές Μαΐου. Αυτό ενδιαφέρει τους μυδοκαλλιεργητές όσον αφορά στην τοποθέτηση συλλεκτήρων.
- Παρατηρήθηκε μια εκτεταμένη περίοδος εγκατάστασης γόνου Μάρτιο – Μάιο, που δίνει την εικόνα δύο τουλάχιστον διαδοχικών εγκαταστάσεων, με αντίστοιχες ωτοκίες. Η παρουσία νυμφών το Φθινόπωρο δεν οδηγεί σε αντίστοιχη εγκατάσταση γόνου.
- Η μεγαλύτερη κλάση μεγέθους 4-20 mm, αυτή που κυρίως ενδιαφέρει τους καλλιεργητές, αρχίζει να εντοπίζεται στις αρχές Απριλίου, με μέγιστο στα μέσα Απριλίου και διαρκεί μέχρι τα μέσα Ιουλίου.
- Ο περισσότερος γόνος (56 %) συλλέχθηκε από τον σταθμό M3, στο νότιο άκρο των μυδοκαλλιεργειών. Ακολουθεί ο σταθμός M2 (25 %), στο κέντρο, εσωτερικά των μονάδων και ο λιγότερος γόνος (19 %) συλλέχθηκε από τον σταθμό M1 στο βορειοανατολικό άκρο. Η ποσότητα εγκατάστασης φαίνεται να είναι συνάρτηση του μοντέλου υδροδυναμισμού της και της ύπαρξης ή μη μονάδων.
- Τα δύο τρίτα του γόνου προέρχονται από τη θέση ανάρτησης της αρμαθιάς, που βρίσκεται πιο κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία

- Abada-Boudjema, Y. M., & Dauvin, J. C. (1995) Recruitment and Life Span of two natural mussel populations *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck) from the Algerian coast. *J. Moll. Stud.*, **61**, 467-481.
- Alfaro, A. (2006) Byssal attachment of juvenile mussels, *Perna canaliculus*, affected by water motion and air bubbles. *Aquaculture*, **255**,1-4, 357-361.
- Ardizzone, G. D., Belluscio, A., Gravina, M. F., Somaschini, A. (1996) Colonization and Disappearance of *Mytilus galloprovincialis* (Lamarck), on an Artificial Habitat in the Mediterranean Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf- Science*, **45**, 665-676.
- Arsenoudi P., Scouras Z. & Chintiroglou C.C. (2003). First evaluation of *Mytilus galloprovincialis* LMK, Natural populations in Thermaikos gulf : Structure and distribution. *Fresenius Environmental Bulletin*, V.12 (11): 1384-1393 pp.
- Barber R.W. & Volakos N. (1997) Wind-induced coastal circulation in the northern Aegean Sea.
<http://www.cse.scitech.ac.uk/ceq/envmod/wind/windinduced.shtml>
- Bardach, J.E., Ryther, J.H. and McLarney, W.O. (1972) In: *Aquaculture*, Wiley, New York p. 868.
- Bayne, B. L. (1963) Responses of *Mytilus edulis* larvae to increases in hydrostatic pressure. *Nature* (Lond.), **198**, 406-407.
- Bayne, B. L. (1964a) The responses of the larve of *Mytilus edulis* L. to light and to gravity. *Oikos*, **15**, 162-175.
- Bayne, B. L. (1964b) Primary and secondary settlement in *Mytilus edulis* L. (Mollusca). *J. Anim. Ecol.*, **33**, 513-523.
- Bayne, B. L. (1965) Growth and the delay of metamorphosis of the larvae of *Mytilus edulis* (L.). *Ophelia*, **2**, 1-47.
- Bayne, B. L. (1976a) Aspects of reproduction in bivalve molluscs. In: F. J. Verneberg (ed), *Estuarine Processes*. Vol. 1. Uses, stresses and adaptation to the estuary. Academic press, New York, pp. 432-448.
- Bayne, B. L. (1976b) The biology of mussel Larvae. In: *Marine Mussels: their ecology and physiology*. B. L. Bayne (ed), Cambridge University Press, Cambridge, pp. 81-120.

- Bellan-Santini, D., (1969) Contribution a l etude des peuplements infralittoraux sur substrat rocheux. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endoume.*, **47(63)**, 294p, (These Univ., Aix- Marseille).
- Brousseau, D. J. (1983) Aspects of reproduction of the blue mussel, *Mytilus edulis* (Pelecypoda, Mytilidae) in Long Island Sound. *Fish. Bull.*, **81**, 733-739.
- Caceres-Martinez, J., Robledo, J. A. F., Figuras, A. (1993) Settlement of mussels *Mytilus galloprovincialis* on an exposed rocky shore in Ria de Vigo, NW Spain. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **93**, 195-198.
- Dare, P. J. (1976) Settlement, growth and production of the mussel, *Mytilus edulis* L., in Morecambe Bay , *England. Fish. Invest. (Ser. 2)*, **28**, 1-24.
- Day, R. & McEdward, L. (1984) Aspects of the physiology and ecology of pelagic larve of marine benthic invertebrates. In: *Marine plankton life cycle strategies*. K.A., Steidinger and L.M., Walker, (Eds). CRC, Boca Raton, Florida, pp. 93-120.
- E.C. (1995) "Complication of limits of contaminants in food in the legislation of the Member states". European Commission, Directorate-General III, Version 3, June 1995, pp 1-61.
- Evmorphopoulos, L., 1961. The changes in Thessaloniki Bay. *Technical Annal of Greece*, 205-208, 51-76.
- Eyster, L.S. & Pechenik, J.A. (1987) Attachment of the *Mytilus edulis* L. larve on algal and byssal filaments is enhanced by water agitation. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **114**, 99-110.
- FAO (1999) Yearbook of Fishery Statistics for 1997. Vol. **84**. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, Italy.
- FAO (2002) Food and agriculture organization of the United Nations, FAOSTAT database. <http://apps.fao.org/page/collections>.
- Ferran, E., Trevino, M., Mancebo, M. J., Crespo, C., Espinosa, J. (1990) Estudio del ciclo gonadal annual en *Mytilus galloprovincialis* : cinetica de poblaciones celulares en el manto y reservas bioenergeticas. In: *Actas, III Congreso Nacional de Acuicultura*, pp. 467-472.
- Fuentes, J., Gregorio, V., Giraldez, R. & Molares, J. (2000) Within-raft variability of the growth rate of mussels, *Mytilus galloprovincialis*, cultivated in the Ria de Arousa (NW Spain). *Aquaculture*, **189**, 39-52.

- Fuentes, J., Molares, J. (1993) Settlement of the mussel *Mytilus galloprovincialis* on collectors suspended from rafts in the Ria de Arousa (NW of Spain): annual pattern and spatial variability. *Aquaculture*, **122**, 55-62.
- Gosling E. (2003a) An introduction to Bivalves. In: *Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture*. Blackwell, Oxford, **1**, 1-6.
- Gosling E. (2003b) Bivalve culture. In: *Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture*. Blackwell, Oxford, **9**, 284-361.
- Gosling E. (2003d) Bivalve Growth. In: *Bivalve Molluscs: Biology, Ecology and Culture*. Blackwell, Oxford, **6**, 169-200.
- Gotsis-Skretas O. and Friligos N. (1990). Eutrophication and phytoplankton ecology in the Thermaikos Gulf Project. *Thalassographica* V.13 (Suppl.1):1-12 pp.
- Hancock, D. A. (1973) The relationship between stock and recruitment in exploited invertebrates. *J. Cons. Int. Explor. Mer.*, **164**, 113-131.
- HCMR (2003) Monitoring the quality of the marine environment in the Gulf of Thessaloniki. (ed. Pagou). Final Technical Report. Athens, 296 p.
- Hickman, R.W. (1992) Mussel cultivation. In: *The mussel, Mytilus: Ecology, physiology, genetics and culture*. E. M. Gosling (ed), Elsevier, Amsterdam, **10**, pp 465-504.
- Hrs- Brenko, M. (1973) The study of mussel larve and their settlement in Vela Draga Bay (Pula , the northern Adriatic Sea). *Aquaculture*, **2**, 173-182.
- Hrs- Brenko, M. (1974) Temperature and salinity requirements for embryonic development of *Mytilus galloprovincialis* Lmk. *Thalassia Jugosl.*, **10**, 131-138.
- Hyder, P., J., Simpson, H., Christopoulos, S. & Krestenitis, Y. (2002). The seasonal cycles of stratification in the Thermaikos Gulf Region of Freshwater Influence (ROFI), North-west Aegean. *Continental Shelf Research*, **22**, 2573-2597.
- Incze L. & Lutz R. (1980) Mussel culture: An East Coast Perspective. pp.99-140. In: *Mussel Culture and Harvest: A North American Perspective* (ed. R.A.Lutz) Amsterdam: Elsevier, North Hplland, p. 350.
- Inglis G.J., Hayden B.J. & Ross A.H. (2000). An overview of factors affecting the carrying capacity of coastal embayments for mussel culture. NIWA Client Report: CHC00/69, Project No. MFE00505, Ministry for Environment, 31 pp.
- Kaandorp JA (1986) Rocky substrate communities of the infralittoral fringe of the Bouchonnais coast, NW France: a quantitative survey. *Mar Biol*, **92**:255-265.

- Karageorgis, A. & Anagnostou C. (2001). Particulate matter spatial-temporal distribution and associated surface sediment properties: Thermaikos Gulf and Sporades Basin, NW Aegean Sea. *Continental Shelf Research*, **21**, 2141-2153.
- Karageorgis, A. P., Skourtos, M. S., Kapsimalis V., Kontogianni, A. D., Skoulikidis, N.Th., Pagou, K., Nikolaidis, N.P., Drakopoulou, P., Zanou, B., Karamanos, H., Levkov, Z., Anagnostou, Ch. (2004). An integrated approach to watershed management within the DPSIR framework: Axios River catchment and Thermaikos Gulf. *Regional Environmental Change*, Springer-Verlag, 2004.
- Kautsky, N. (1982a) Quantitative studies on the gonad cycle, fecundity, reproductive output and recruitment in a Baltic *Mytilus edulis* population. *Mar. Biol.*, **68**, 143-160.
- King, P. A., McGrath, D., Britton, W. (1990) The use of artificial substrates in monitoring mussel (*Mytilus edulis* L.) settlement on an exposed rocky shore in the west of Ireland. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, **70**, 371-380.
- Konstantinidis, A. (1989). Land reclamation project of the Thessaloniki plain. Geotechnical Chamber of Greece, Thessaloniki, Greece.
- Kontoyiannis, H., Kourafalou, V., & Papadopoulos, V. (2003). The seasonal characteristics of the hydrology and circulation of the north-west Aegean sea (Eastern Mediterranean): Observations and Modelling. *J. of Geophys. Res.*, **108 (C9)**: 3302.
- Lane, D.J.W., Beaumont, A. R., & Hunter, J. R. (1985). Byssus drifting and the drifting threads of the young postlarval mussel *Mytilus edulis*. *Mar. Biol.*, **84**, 301-308.
- Lowe, D. M., Moore, M. N. and Bayne, B. L. (1982) Aspects of gametogenesis in the marine mussel *Mytilus edulis* L. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.*, **62**, 133-145.
- Lubet, P. 1983. Experimental studies on the action of temperature on the reproductive activity of the mussel (*Mytilus edulis* L. Mollusca, Lamellibranchia). *J. Mollusc. Stud. Suppl.* **12A**: 100-105.
- Lutz, R. A. & Kennish, M.J. (1992) Ecology and morphology of larval and early postlarval mussels. In: *The mussel Mytilus: Ecology, physiology, genetics and culture*. E. M. Gosling, (ed), Elsevier, Amsterdam, pp. 53-80.

- Mackie, G. (1984) Bivalves. In: A. Thompa, N. Verdonk & Van Den Biggelaar, editors. The mollusca reproduction, Orlando. FL: Academic Press Inc. pp. 351-418
- Margus, D., Teskeredzic, E. (1986) Settlement of mussels *Mytilus galloprovincialis* Lamarck on rope collectors in the estuary of the River Krka, Yugoslavia. *Aquaculture*, **94**, 263-278.
- Metaxatos, A. (1988) Growth and reproduction of *Mytilus galloprovincialis* (L.) in two Greek districts (Kyparissi Lagoon and Elefsis Bay). *Rap. Proc.- Veb. Reun.*, **31** (2), 57.
- Moncheva S, Gotsis-Skretas O, Pagou K, Krastev A (2001) Phytoplankton blooms in Black Sea and Mediterranean ecosystems subjected to anthropogenic eutrophication: Similarities and differences. *Est Coast Shelf Sci* **53**:281–295.
- Moriki A., Galinou-Mitsoudi S., Petridis D., Kosti D., Savvidis Y., Dimitriadis X., Koutitas Ch. and Alvanou L., (2007). Environmental Impacts of Intensive Mussel Culture in the Coastal Waters of the Gulf of Thessaloniki (N. Greece). 14th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, October 10th -14th, Seville, Spain.
- Navarro, E., Iglesias, J.I.P., Perez Camacho A., Labarta, U., Beiras, R. (1991) The physiological energetics of mussels *Mytilus galloprovincialis* from different cultivation rafts in the Riaw de Arosa (Galicia NW Spain). *Aquaculture* **94**: 197-212.
- NEAP (1996) National Environmental Action Plan. Synthesis Report, Ministry of Urban Planning, Construction and Environment, Skopje
- Operation Parameters. 14th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region, October 10th -14th, Seville, Spain.
- Pagou, K., Siokou-Fragou, I., Catsiki, A.V., Pavlidou, A., Assimakopouloum G. & Papathanasiou, E. (2003). "Assessment of the trophic conditions in the Inner Thermaikos Gulf". In: 7th Hell. Symp. Oceanogr. Fish., 6-9 May 2003m Hersonissos, Crete, 43 p.
- Phillips D.J.H., 1976. The common mussel *Mytilus edulis* as an indicator of pollution by Zinc, Cadmium, Lead and Copper. I Effects of environmental variables on uptake of metals. *Mar. Biol.* **38**: 59-69

- Poulos, S. E., Chronis, G. Th., Collins, M.B. & Lycousis V. (2000) *Thermaikos Gulf Coastal System, NW Aegean Sea : an Overview of Water/Sediment Fluxes in Relation to Air-Land-Ocean Interactions and Human Activities*. *Journal of Marine Systems*, 25, 47-76.
- Poulos, S., Papadopoulou, A. and Collins, M. B. (1994). Deltaic Progradation in Thermaikos Bay, Northern Greece and its Socio-Economical Implications. *Ocean & Coastal Management*, 22, 229-247.
- Pusceddu, A., Sara, G., Manini, E., Puccia, E. (1997) Short term changes in the biochemical composition of particulate organic matter in a Mediterranean shallow sound (Western Sicily). *Proceedings of the 12th Italian Association Oceanography and Limnology Symposium*, Isola Di Vulcano, Italy: 299-310.
- Redfield A.C. (1934) On the proportions of organic derivations in sea water and their relation to the composition of plankton. In: *James Johnson Memorial Volume*. (ed. R.J. Daniel). University Press of Liverpool, pp. 177-192.
- Riisgard, H.U., Randlev, A., and Kristensen, P.S., 1980. Rates of water processing oxygen consumption and efficiency of particle retention in veligers and young post-metamorphic *Mytilus edulis*. *Ophelia*, 19, 37-47.
- Rodhouse, P. G., Roden, C. M., Burnell, G. M., Hensey, M. P., McMahon, T., Ottway, B., Ryan, T. (1984) Food resource, gametogenesis and growth of *Mytilus edulis* on the shore and suspended culture : Killary Harbour, Ireland. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 64, 513-529.
- Savvidis, Y.G., Antoniou, A., Dimitriadis, X., Moriki, A., Galinou-Mitsoudi, S., Alvanou, L., Petridis, D., Koutitas, C. (2007) Hydrodynamics in a Mussel Culture Area in Thermaikos Gulf. In: *Proceedings of the Eighth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 07*, E. Ozhan (Ed), 13-17 November 2007, Alexandria, Egypt.
- Seed R. & Suchanek, T. H. (1992). Population and community ecology of *Mytilus edulis*. In: *The mussel Mytilus: Ecology, physiology, genetics and culture*. E. M. Gosling, (ed), Elsevier, Amsterdam, pp. 87-169.
- Seed R. & Suchanek, T. H. (1992). Population and community ecology of *Mytilus edulis*. In: *The mussel Mytilus: Ecology, physiology, genetics and culture*. E. M. Gosling, (ed), Elsevier, Amsterdam, pp. 87-169.
- Seed, R. (1969) The ecology of *Mytilus edulis* L. (Lamellibranchiata) on exposed rocky shores. I. Breeding and settlement. *Oecologia*, 3, 227-316.

- Seed, R. (1976) Ecology. In: B.L. Bayne (Ed.), *Marine Mussels: their ecology and physiology*. Cambridge University Press, pp. 13-65.
- Sheehan, D. & Power, A. (1999) Effects of seasonality on xenobiotic and antioxidant defence mechanisms of bivalve mollusks. *Comp. Biochem. Physiol.*, **123**(C), pp 193-199.
- SoHelME. (2005). State of the Hellenic Marine Environment. E. Papathanasiou & A. Zenetos (eds), HCMR Publ., 360 pp.
- Sorokin Y., Sorokin, P., Giovanardi, O., Dalla Venezia L. (1996) Study of the ecosystem of the lagoon of Venice with emphasis on anthropogenic impact. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **141**: 247-261.
- Spencer, B.E. (2002) Mussel cultivation. In: *Molluscan Shellfish Farming*. pp.147-165. Blackwell, Oxford.
- Sprung, M. (1983) Reproduction and fecundity of the mussel *Mytilus edulis* at Helgoland (North Sea). *Hergolander Wiss. Meeresunters.*, **36**, 243-255.
- Sunila, I. and Lindstrom, R. (1981) Survival, growth, and shell deformities of copper and cadmium-exposed mussels (*Mytilus edulis* L.) in brackish water. *Est. Coast. Shelf. Sci.*, **21**, 555-565.
- Theodorou J. A., Nathanailides C., Kagalou I., Rizos D., Georgiou K, and I. Tzovenis (2006a) Spat settlement pattern of the cultured Mediterranean mussel *Mytilus galloprovincialis* in the Maliakos bay (Greece). In: *Proceedings of WAS meeting*, Florence, Italy: 69
- Theodorou, J. A., Nathanailides C., Makaritis P., Kagalou I., Nengas I., Anastasopoulou G. and Alexis M. (2006b). Gonadal maturation of the cultured mussel *Mytilus galloprovincialis* in the Maliakos bay (Greece): Preliminary results. In: *Proceedings of WAS meeting*, Florence, Italy: 290.
- Thompson, R. J. (1979) Fecundity and reproductive effort of the blue mussel (*Mytilus edulis*), the sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) and the snow crab (*Chionectes opilio*) from populations in Nova Scotia and Newfoundland. *J. Fish. Res. Board Can.*, **36**, 955-964.
- Tsuchiya, M. & Bellan-Santini, D. (1989) Vertical distribution of shallow rocky shore organisms and community structure of mussel beds (*Mytilus galloprovincialis*) along the coast of Marseille, France. *Mesogee*, **49**, 91-110.

- Tursi, A., Matarrese, A., Sciscioli, M., Vaccarella, R., Chieppa, M. (1985) Struttura della popolazione di *Mytilus galloprovincialis* Lam, prente nei banchi naturali dei Mar piccolo di Taranto. *Ancona*, Vol. IV- N. 2.
- UNEP (2000) Post-conflict environmental assessment- FYR of Macedonia. <http://postconflict.unep.ch/>
- Villalda, A. (1993) Estrategias reproductoras del mejillon, *Mytilus galloprovincialis*, cultivado en las Rias de Vigo, Arosa, Muros y Ares-Betanzos (Galicia, NO. De Espana). In : A. Cervino, A. Landin, A. de Coo, A. Guerra and M. Torre (ed.), *Actas del IV Congreso Nacional de Acuicultura*, 21-24 September, Illa de Arousa, Galicia, Spain, pp. 329-334.
- Walne, P.R. (1979) Culture of bivalve mollusks, 50 years of experience at Conway. Fishing News Books Ltd, Farnham.
- Wildish D & Kristmanson D (1993) Hydrodynamic control of bivalve filter feeders: a conceptual view. In: *Bivalve Filter Feeders in Estuarine and Coastal Ecosystem Processes*. (ed. Richard F. Dame) Conway, pp299-325.
- Zanou B, Anagnostou Ch (2001) Integrated management in the drainage basin of the Thermaikos Gulf (NW-Aegean Sea) methodological steps and proposed measures, according to the win-win policy. *Europ Water Manage*, 4(6): 33–42

Ελληνική Βιβλιογραφία

- A. T. E. I. Θ. (2007) Κυκλοφορία του νερού σε Περιοχές Οργανωμένης Ανάπτυξης Υδατοκαλλιεργειών/μυδοκαλλιεργειών (ΠΟΑΥ) και Διαχειριστικές Παρεμβάσεις Χωροταξικής και Περιβαλλοντικής Βελτίωσης. Επιστ. Υπεύθ. Δρ. Α. Μωρίκη, Θεσ/νικη, Ενδιάμεση Έκθεση, σελ.164.
- Αβραμίδου Ελισάβετ (2007) Προσδιορισμός Οργανικού Άνθρακα στο Θαλασσινό νερό. Πτυχιακή Εργασία, Α. Τ. Ε. Ι. Θ., Ν. Μουδανιά 2007, σελ. 65.
- ΑΠΘ. (2000). Χαρτογράφηση και γενετική ταυτοποίηση των φυσικών πληθυσμών μυδιών του είδους *Mytilus galloprovincialis* στους κόλπους της Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού. Α' ενδιάμεση τεχνική έκθεση για την ΝΑΘ, Δ/ση Αλιείας. Επιστημονικός υπεύθυνος Δρ. Σκούρας Ζ. και Δρ. Χιντήρογλου Χ., σελ. 45.
- ΑΠΘ. (2001), Χαρτογράφηση και γενετική ταυτοποίηση των φυσικών πληθυσμών μυδιών του είδους *Mytilus galloprovincialis* στους κόλπους της Θεσσαλονίκης. 2^η ενδιάμεση τεχνική έκθεση για την ΝΑΘ, Δ/ση Αλιείας. Επιστημονικός υπεύθυνος Δρ. Σκούρας Ζ. και Δρ. Χιντήρογλου Χ., σελ.56.

- ΑΠΘ. (2002). Χαρτογράφηση και γενετική ταυτοποίηση των φυσικών πληθυσμών μυδιών του είδους *Mytilus galloprovincialis* στους κόλπους της Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού. 3^η ενδιάμεση τεχνική έκθεση για την ΝΑΘ, Δ/ση Αλιείας. Επιστημονικός υπεύθυνος Δρ. Σκούρας Ζ. και Δρ. Χινητήρογλου Χ., σελ.61.
- Γαληνού-Μητσούδη Σ. (1999). Οι μυδοκαλλιέργειες του νομού Θεσσαλονίκης. Πρακτικά ημερίδας, Χαλάστρα 19 Ιουνίου 1999. Κέντρο Πληροφόρησης Δέλτα Αξιού-Λουδία-Αλιάκμονα-Γαλλικού & Αλυκής Κίτρους, σελ.18-31.
- Γαληνού-Μητσούδη Σοφία. (2003). Σημειώσεις Εκτροφής οστράκων, σελ.109.
- Γαληνού-Μητσούδη, Σ., Παπαδημητρίου, Χ., Βλαχάβας, Γ., Μωρίκη, Α., Μίγκου, Υ., Γαβρίλη, Δ., Πετριδης, Δ. (2007) Εκτίμηση της ποιότητας μυδιών φυσικών πληθυσμών με βιοδείκτες. Πρακτικά 13^{ου} Συνεδρίου Ιχθυολόγων, 27-30 Σεπτεμβρίου, Μυτιλήνη, 607 σελίδες.
- Γκανούλης, Ι. (1993). Περιβαλλοντική Κατάσταση και Προστασία του Κόλπου της Θεσσαλονίκης. *Τεχνικά Χρονικά: Επιστημονική Έκδοση ΤΕΕ, Επιστημονική περιοχή Α*, 13: 8-25.
- Ε.Κ.Θ.Ε. (1999). Παρακολούθηση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος του κόλπου της Θεσσαλονίκης για το 1997. Τελική Τεχνική Έκθεση για ΕΥΑΘ. Επιστημονικός υπεύθυνος Δρ. Πάγκου, Κ., σελ. 250.
- Ε.Κ.Θ.Ε. (2001). Διαχειριστική Μελέτη των Ζωνών Παραγωγής Μυδιών των Κόλπων Θεσσαλονίκης και Θερμαϊκού. Τελική Τεχνική Έκθεση για ΝΑΘ, Δ/ση αλιείας. Επιστημονικός υπεύθυνος Δρ. Παπαθανασίου Ε., σελ. 147.
- Κοτζίνος Ι. (2007) Μελέτη χωροχρονικής κατανομής των φυσικών παραμέτρων του θαλασσινού νερού σε περιοχή μυδοκαλλιεργειών στην παράκτια λεκάνη της Χαλάστρας (ΒΔ Θερμαϊκός Κόλπος). Πτυχιακή Εργασία, Α.Τ.Ε. Ι. Θ., Ν. Μουδανιά 2007, σελ. 77.
- Κράββα, Ν. (2000) Γενετική σύσταση και αύξηση σε πληθυσμούς του μυδιού *Mytilus galloprovincialis* στο Θερμαϊκό κόλπο. Διατριβή, Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη 2000, σελ. 158.
- Κρεστενίτης, Ι. Ν., Χριστόπουλος, Σ. Π. & Βαλιούλης Η. Α. (1995). *Ωκεανογραφική διερεύνηση του συστήματος των παράκτιων υφάλμυρων νερών του Θερμαϊκού κόλπου*. Πανελλήνιο συνέδριο ελληνικής υδροτεχνικής ένωσης, Θεσσαλονίκη, 6, 283-289.

- Κριάρης, Ν. (1973) *Mytilus galloprovincialis* και εποχιακές διακυμάνσεις των προνυμφών του στο πλαγκτόν. Ελληνική Ωκεανολογία και Λιμνολογία. *Πρακτικά του Ινστιτούτου Ωκεαν. και Αλιευτ. Ερευνών*, Αθήνα, **XI**, 167-177.
- Μωρίκη Α., Γαληνού-Μητσούδη Σ., Σαββίδης Ι., Πετρίδης Δ. (2008). Εποχιακή Διακύμανση της Ποιότητας των Νερών σε Περιοχή Οργανωμένης Ανάπτυξης Μυδοκαλλιεργειών, 3^ο Περιβαλλοντικό Συνέδριο Μακεδονίας, 14-17 Μαρτίου 2008, Θεσσαλονίκη.
- Ν.Α.Θ. (1999) Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων του έργου: Περιβαλλοντική αποκατάσταση δέλτα Αξιού και Θερμαϊκού κόλπου με την ορθή διαχείριση των εδαφουδατικών πόρων και ανακαίνιση και εκσυγχρονισμό των αρδευτικών δικτύων. Θεσσαλονίκη. Απρίλιος 1999 σελ. 72.
- Πετρίδης Δ. (2000) Εφαρμοσμένη Στατιστική (με έμφαση στην επιστήμη των τροφίμων). Όμηρος Εκδοτική, Θεσσαλονίκη, 517 σελίδες.
- ΥΠΓΕ, (2003). Υπηρεσία διαχείρισης Επιχειρησιακού Προγράμματος Αλιείας. Καθορισμός περιοχών οργανωμένης ανάπτυξης θαλασσίων υδατοκαλλιεργειών Π.Ο.Α.Υ. στον Θερμαϊκό κόλπο. Ανάδοχος : Eco Consultants S.A. Βαβυζος – Ζαννάκη, Μελέτες Α.Ε. Υπουργείο Γεωργίας. Αθήνα.

Διαδικτυακές τοποθεσίες

<http://postconflict.unep.ch>

www.el.wikipedia.org

<http://www.esa.org>

www.FAO.org

www.fao.org%2Ffigis%2F.....

www.fish.wa.gov.au/docs/aqua/BlueMussels/FarmingMussel

www.pacseafood.com/products/mussels

<http://www.encora.eu/coastalwiki>

<http://www.k-engineering.co.jp/ETC>

<http://www.minenv.gr>



ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ

Φαρούλας Θεόδωρος

ΤΙΤΛΟΣ Δυναμική του δένου του εκτερε-
φόκενου κελιά *Mutinus galloprovincialis*

ΛΗΞΗ

ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΔΑΝΕΙΖΟΜΕΝΟΥ

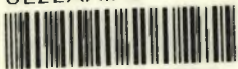
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ

Τηλ.: ~~74.760-61~~

2441066080



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000092386