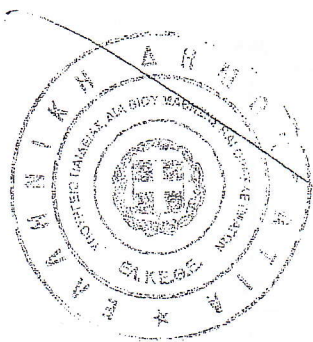
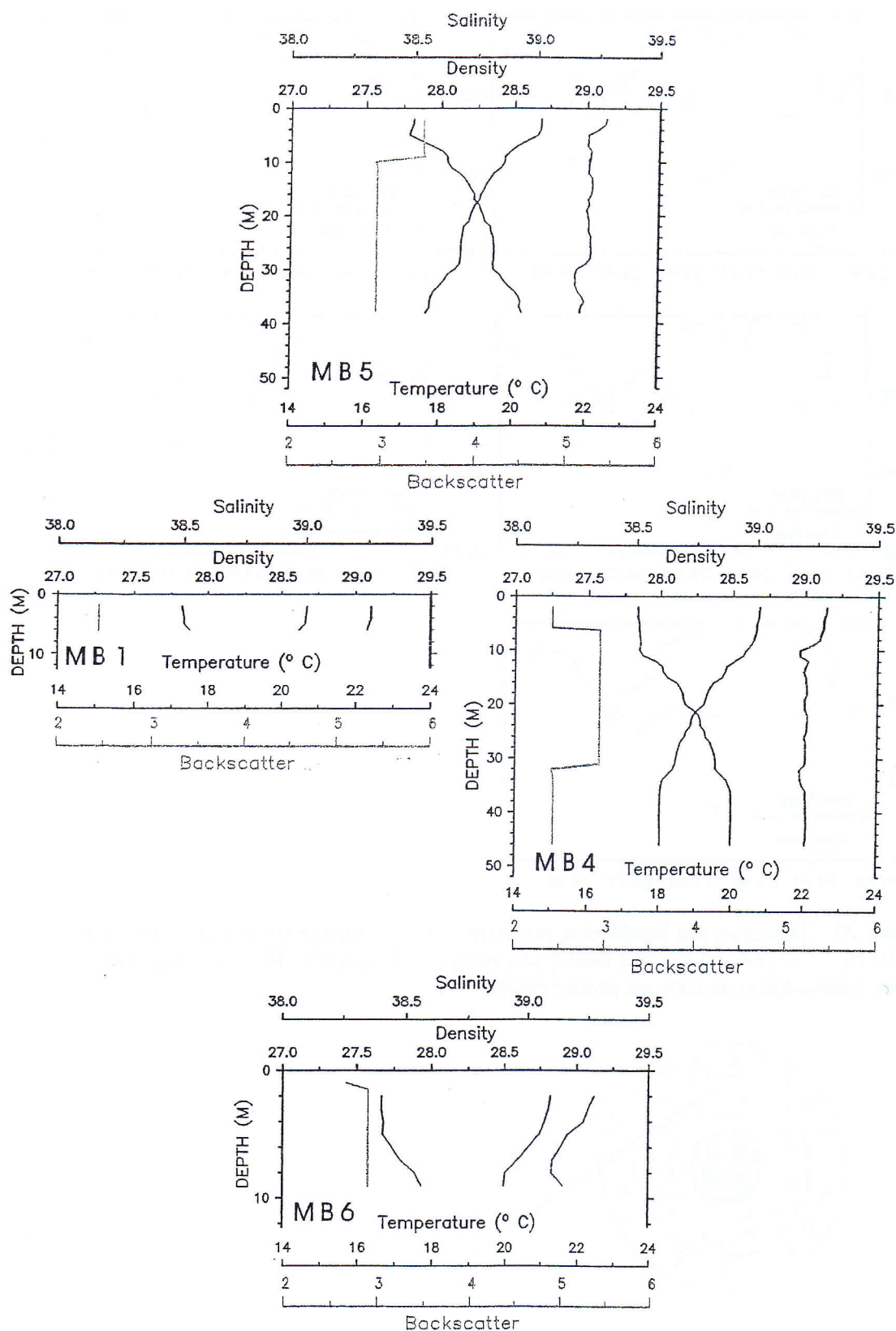
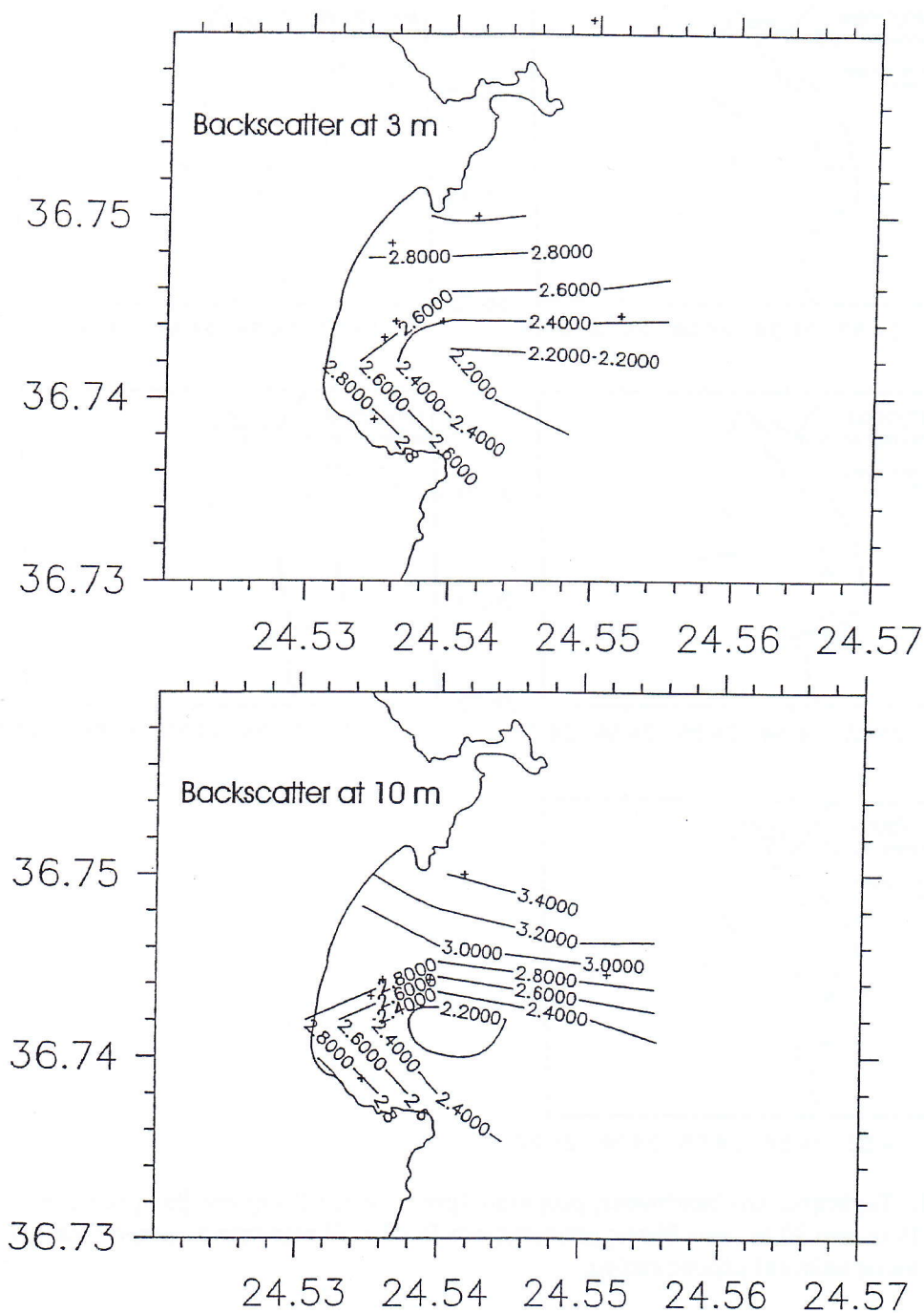


**Εικόνα 37.** Ταχύτητες και διευθύνσεις ρευμάτων (μικρά μαύρα βέλη) στα βάθη των 3 m, 5 m, 10 m, 15 m, και 35 m στις θέσεις μέτρησης στο Τσιγκράδο. Η ταχύτητα με μέτρο 5 cm/sec απεικονίζεται σε κάθε επί μέρους εικόνα.

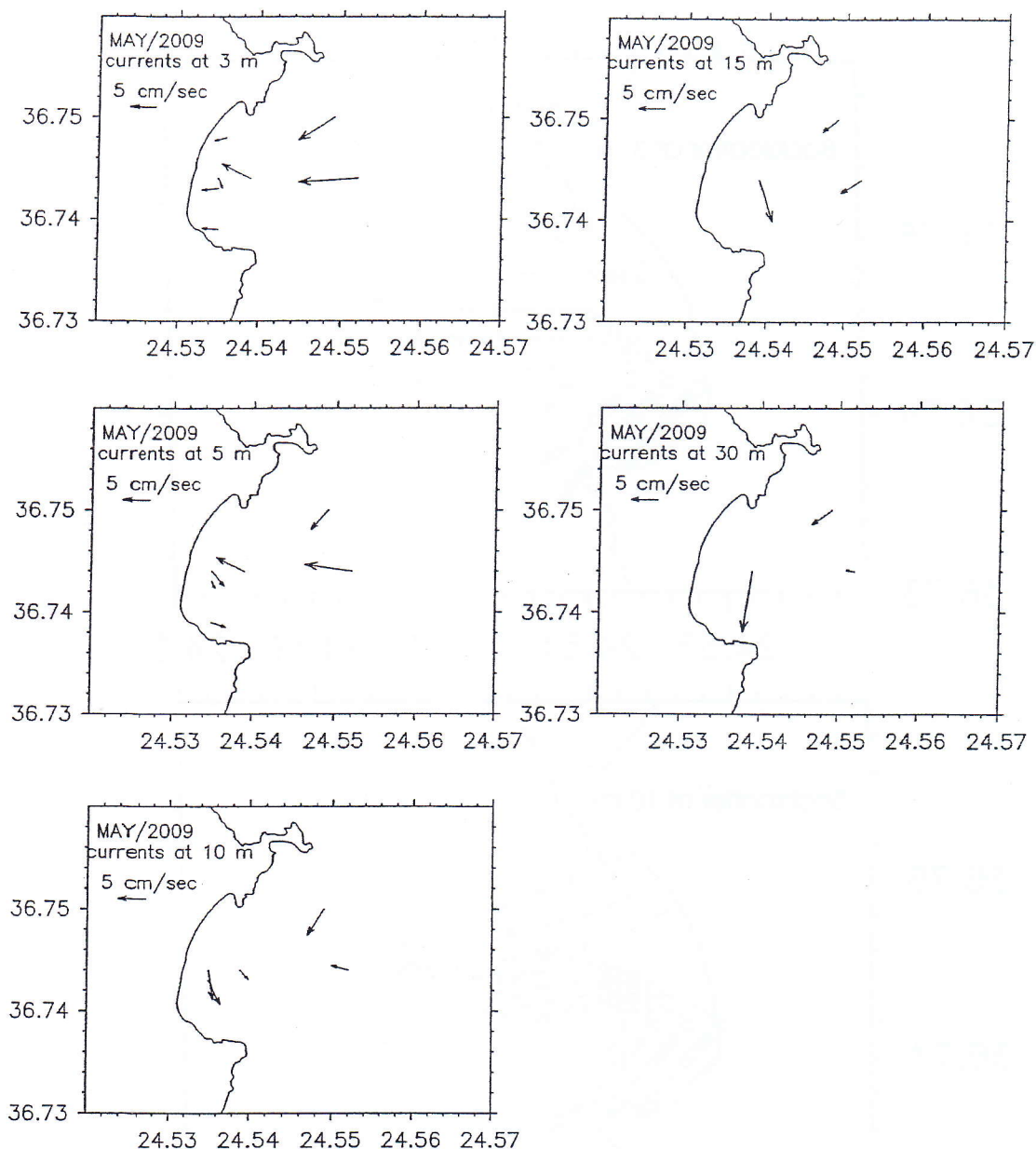




**Εικόνα 38.** Κατακόρυφες κατανομές θερμοκρασίας (μπλέ), αλατότητας (κόκκινο), πυκνότητας (μαύρο) και θολρότητας/σκέδασης φωτός (πράσινο) σε χαρακτηριστικές θέσεις (MB5, MB 1, MB4, και MB6) στην περιοχή μελέτης στα Βούδια.



**Εικόνα 39.** Οριζόντιες κατανομές θολερότητας/σκέδασης φωτός στα 3 m μέτρα (πάνω) και στα 10 m (κάτω) στην περιοχή μελέτης στα Βούδια.

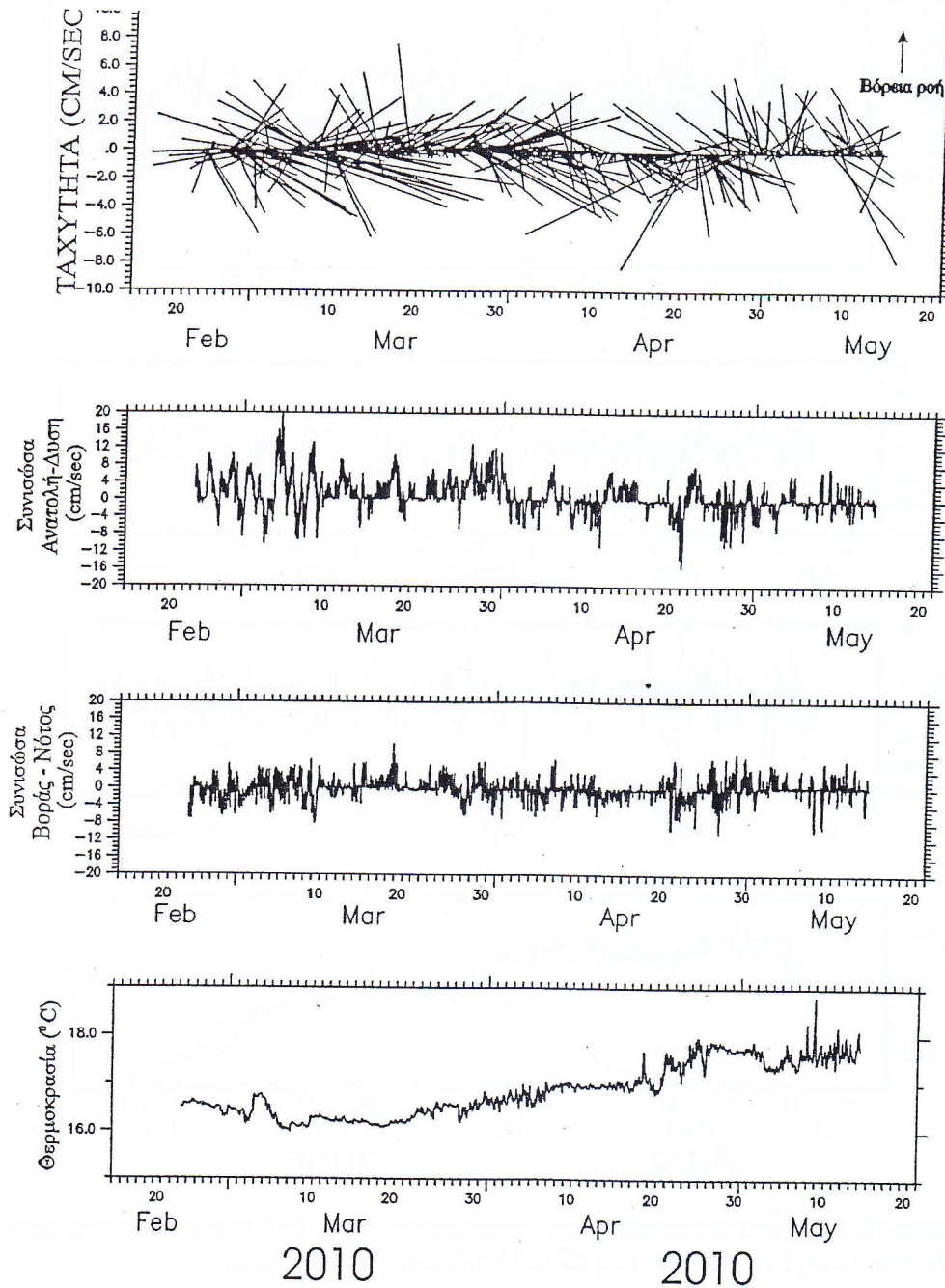


**Εικόνα 40.** Ταχύτητες και διευθύνσεις ρευμάτων (μικρά μαύρα βέλη) στα βάθη των 3 m, 5 m, 10 m, 15 m, και 30 m στις θέσεις μέτρησης στα Βούδια. Η ταχύτητα με μέτρο 5 cm/sec απεικονίζεται σε κάθε επί μέρους εικόνα.

### 5.3 Αποτελέσματα Ρευματομετρήσεων στις θέσεις Τσιγκράδο και Βούδια

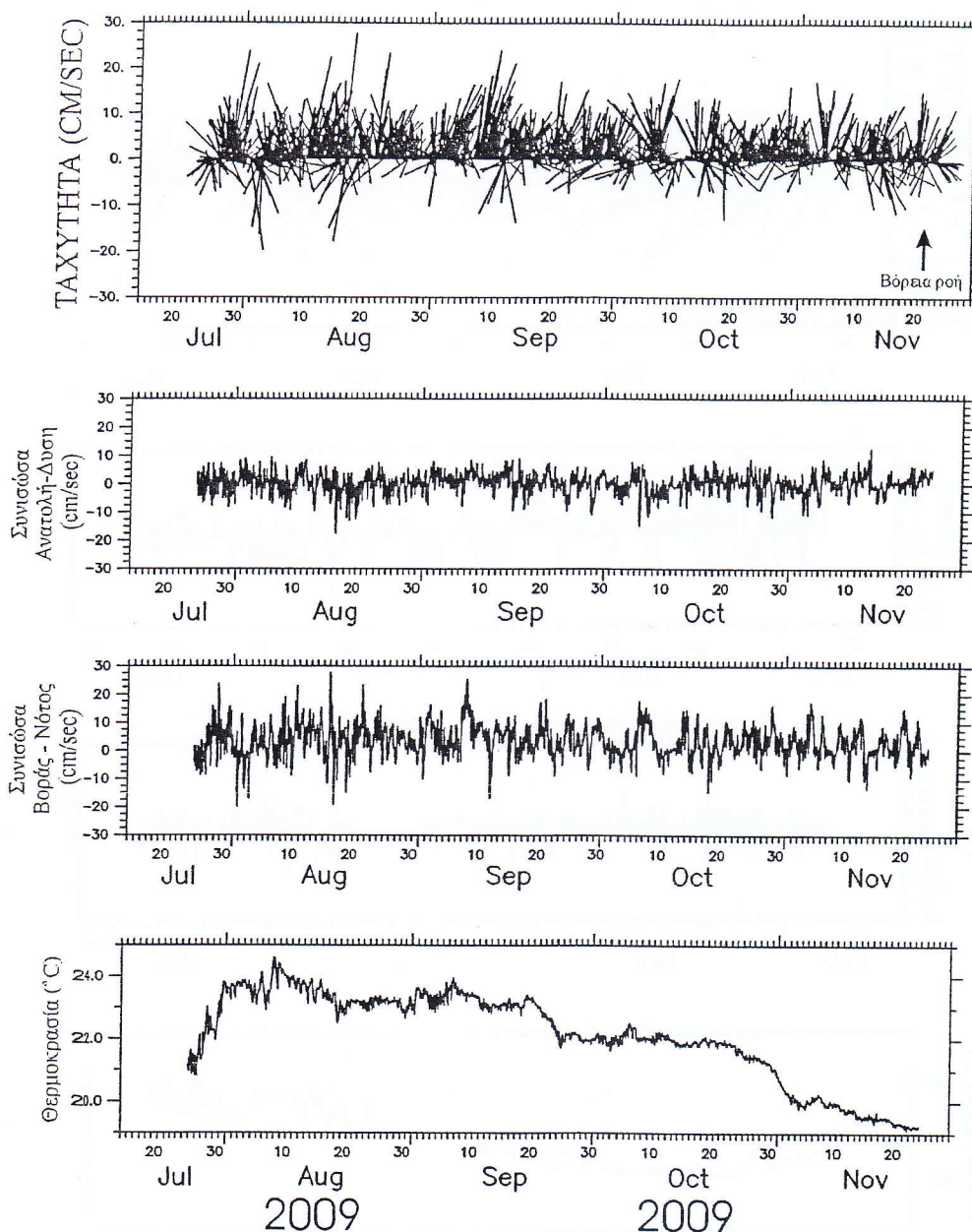
Οι γεωγραφικές συντεταγμένες της πόντισης στο Τσιγκράδο ήταν  $36^{\circ} 39.211'$ ,  $24^{\circ} 27.758'$ , σημείο μεταξύ των σταθμών MT4 και MT5. Αντίστοιχα στα Βούδια η πόντιση έγινε στο σημείο  $36^{\circ} 44.820'$ ,  $24^{\circ} 33.360'$  που αντιστοιχεί στο σταθμό MB4. Οι ρευματομετρήσεις έγιναν σε βάθος περίπου ~30 m. Στις Εικόνες 41 και 42 παρουσιάζονται οι χρονοσειρές των ρευματομετρήσεων στο Τσιγκράδο και στα Βούδια αντιστοίχως. Στο Τσιγκράδο το χρονικό διάστημα πόντισης ήταν δύομισι μήνες, ενώ στα Βούδια τέσσερις μήνες.





Εικόνα 411. Χρονοσειρές ρεύματος και θερμοκρασίας σε βάθος ~30 m στο Τσιγκράδο κατά την περίοδο από τέλος Φεβρουαρίου 2010 έως μέσα Μαΐου του ίδιου έτους.

Στο Τσιγκράδο, οι ταχύτητες ήταν γενικά παράλληλες με την ακτογραμμή. Στο Τσιγκράδο εμφανίζονταν εξ' ίσου η βορειοδυτική κατεύθυνση και η νοτιοανατολική κατεύθυνση. Υπήρχαν και μικρά διαστήματα που το ρεύμα ήταν προς νοτιοδυτικά ή βορειοανατολικά. Η μέγιστη ταχύτητα έφτανε τα 20 cm/sec. Ο μέσος όρος της ταχύτητας ανεξάρτητα από την κατεύθυνσή της ήταν ~ 3 cm/sec, ενώ ο διανυσματικός μέσος όρος ήταν μόλις 1 cm/sec σε κατεύθυνση 93° T, δηλαδή ανατολικά-νοτιοανατολικά, 3° δεξιά από την ανατολή. Η θερμοκρασία ανέβηκε από ~16.5° C το Φεβρουάριο σε ~15.5-18° C στα μέσα Μαΐου.



**Εικόνα 42.** Χρονοσειρές ρεύματος και θερμοκρασίας σε βάθος ~30 m στα Βούδια κατά την περίοδο από τέλος Ιουλίου 2009 έως τέλος Νοεμβρίου του ίδιου έτους.

Κατά το μεγαλύτερο διάστημα της περιόδου πόντισης στα Βούδια το ρεύμα στα 30 m είχε κατεύθυνση προς Βορά. Σε λίγα μόνο ενδιάμεσα διαστήματα, διάρκειας περίπου 2-3 ημερών στρέφονταν προς Νότο. Η μέγιστη ταχύτητα έφτανε τα ~30 cm/sec, ενώ κατά μέσο όρο το μέγεθός της ανεξάρτητα από τη διεύθυνσή της ήταν 6 cm/sec. Ο διανυσματικός μέσος όρος ωστόσο ήταν 3.5 cm/sec σε κατεύθυνση  $6^\circ$  T (true), δηλαδή 6 μοίρες δεξιά από το Βορά. Η θερμοκρασία ήταν  $21^\circ$  C τον Ιούλιο, έφτανε τους  $24^\circ$  C στις αρχές Αυγούστου και στο τέλος Νοεμβρίου είχε πέσει στους  $\sim 19^\circ$  C.

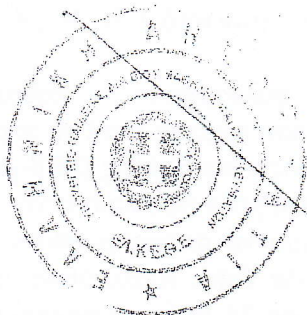
#### 5.4 Συμπεράσματα

Στις 26 και 27 Μαΐου 2009 στις θαλάσσιες περιοχές όπου εκβάλουν τα υπέρλεπτα επεξεργασίας του περλίτη στο Τσιγκράδο και στα Βούδια της Μήλου παρατηρήθηκε ασθενής στρωμάτωση στα ανώτερα 10-15 m στην ευρύτερη περιοχή γύρω από τις



θέσεις εκβολής. Οι συγκεκριμένες υδρολογικές συνθήκες ευνοούν την καταβύθιση των αιωρουμένων ουσιών που εισέρχονται στο επιφανειακό στρώμα από την ακτή. Με βόρειο-βορειοανατολικό άνεμο εντάσεως 3-4 m/sec (3-4 Μποφόρ), το ρεύμα στο Τσιγκράδο στην ευρύτερη περιοχή κοντά στην εκβολή είχε κατεύθυνση δυτική με τιμές έως 20 cm/sec στα πάνω 3 m, ενώ στα Βούδια είχε κατεύθυνση δυτική, δηλαδή προς την ακτή, στο επιφανειακό στρώμα των 3 m, με πιθανή τάση καταβύθισης κοντά στην ακτή και στροφή προς το εξωτερικό του κόλπου, νότια-νοτιοανατολικά, στα βαθύτερα στρώματα. Οι συνθήκες διαύγειας νερού και στις δύο ευρύτερες περιοχές ήταν τέτοιες ώστε λευκός δίσκος διαμέτρου 40 cm (δίσκος Secchi) ήταν ορατός από παρατηρητή στην επιφάνεια μέχρι βάθος που κυμαίνονταν από περίπου 10 m έως 16 m. Χαρακτηριστικά παραδείγματα διασποράς των λεπτόκοκκων αιωρουμένων υπολειμμάτων που δεν εναποτίθενται άμεσα παρουσιάζονται στις συγκεκριμένες συνθήκες δειγματοληψίας στις 26 και 27 Μαΐου 2009, όπου κύριο ρόλο παίζουν τα επικρατούντα ρεύματα.

Τα αποτελέσματα των χρονοσειρών των ρευματομετρήσεων έδειξαν ότι στο Τσιγκράδο τα επικρατούντα ρεύματα είναι γενικά παράλληλα με την ακτογραμμή χωρίς να διατηρούν κάποια σταθερή κατεύθυνση και με ταχύτητες που δεν ξεπερνούν τα 20cm/sec. Η εικόνα αυτή είναι αντίστοιχη αυτής που καταγράφηκε στις 26-27 Μαΐου 2009. Στο εξωτερικό του όρμου των Βουδιών κατά την διάρκεια της πόντισης τα επικρατούντα ρεύματα είχαν κατεύθυνση προς Βορρά (παράλληλα με την ακτή) με ταχύτητα που δεν ξεπερνούσε τα 30cm/sec. Αυτή η κατάσταση διαφέρει από την αντίστοιχη που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας 26-27 Μαΐου 2009, όπου τα ρεύματα ήταν κάθετα στην ακτογραμμή.



## 6. Αιωρούμενα σωματίδια στη θαλάσσια στήλη

Θ.Δ. Κανελλόπουλος, Α.Π. Καραγεώργης, Γ. Ασημακοπούλου, Μ. Ταξιάρχη

### 6.1. Εισαγωγή

Στα πλαίσια των εργασιών πεδίου συμπεριλαμβάνονται και μετρήσεις που αφορούν στη μελέτη της συγκέντρωσης και της κοκκομετρικής σύστασης των αιωρούμενων σωματιδίων που βρίσκονται στη στήλη του νερού. Πριν από τις δειγματοληψίες, η αρχική εκτίμηση ήταν ότι τα αιωρούμενα σωματίδια στη θαλάσσια περιοχή πλησίον των μονάδων επεξεργασίας περλίτη της S&B στα Βούδια και το Τσιγκράδο προέρχονται κυρίως από την απόπλυση και την αιολική μεταφορά των πετρωμάτων της ξηράς αλλά και του συσσωρευμένου κοιτάσματος, καθώς και από τη βιογενή φάση της θαλάσσιας στήλης. Οι εργασίες πεδίου έλαβαν χώρα ώστε να επιβεβαιωθεί η προαναφερθείσα εκτίμηση, αλλά και να δοθούν ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα για την αιωρούμενη ύλη των δύο περιοχών. Οι δειγματοληψίες και οι μετρήσεις της αιωρούμενης ύλης έγιναν χρονικά παράλληλα με τις άλλες εργασίες πεδίου.

### 6.2. Μεθοδολογία

#### 6.2.1. Υπολογισμός συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων και χλωροφύλλης

Οι δειγματοληψίες έγιναν με τη χρήση φιαλών Niskin των 8L. Τα βάθη δειγματοληψίας ήταν δύο στους ρηχούς σταθμούς, ένα στην επιφάνεια (~2 m) και ένα λίγο πάνω από τον πυθμένα. Σε μερικούς βαθύτερους σταθμούς συλλέχθηκε νερό και από το βάθος των 20 m. Ο όγκος του νερού που διηθήθηκε ήταν από 1.7L έως 4.4L, ανάλογα με τη συγκέντρωση της αιωρούμενης ύλης.

Τα δείγματα του θαλασσινού νερού συλλέχθηκαν και φυλάχθηκαν σε καθαρές πλαστικές φιάλες επί του σκάφους, ενώ ακολούθησε διήθηση αμέσως μετά το πέρας της δειγματοληψίας. Η διήθηση έγινε σε προζυγισμένα φίλτρα μεμβράνης (Millipore HTPP 04700, Ø47 mm και ανοίγματος πόρων 0.45 µm) εφαρμόζοντας ήπιο κενό. Τα φίλτρα ξεπλύθηκαν 3 φορές με νερό Milli-Q προκειμένου να απομακρυνθούν τα άλατα του θαλασσινού νερού και μεταφέρθηκαν σε τριβλία Petri. Ακολούθως, στο εργαστήριο, τα φίλτρα υπέστησαν ξήρανση στους 60 °C για 24 h, ξαναζυγίστηκαν, και από τη διαφορά του βάρους υπολογίστηκε η συγκέντρωση της σωματιδιακής ύλης σε κάθε δείγμα (σε mg/l). Παράλληλα έγινε διήθηση 1 L από ηθμούς Whatman GF/F Microfibre. Τα φίλτρα συντηρήθηκαν στους -15°C μέχρι την ανάλυσή τους σε φθορισμόμετρο TURNER 00-AU-10 σύμφωνα με τη μέθοδο HOLM-HANSEN *et al.*, (1965).

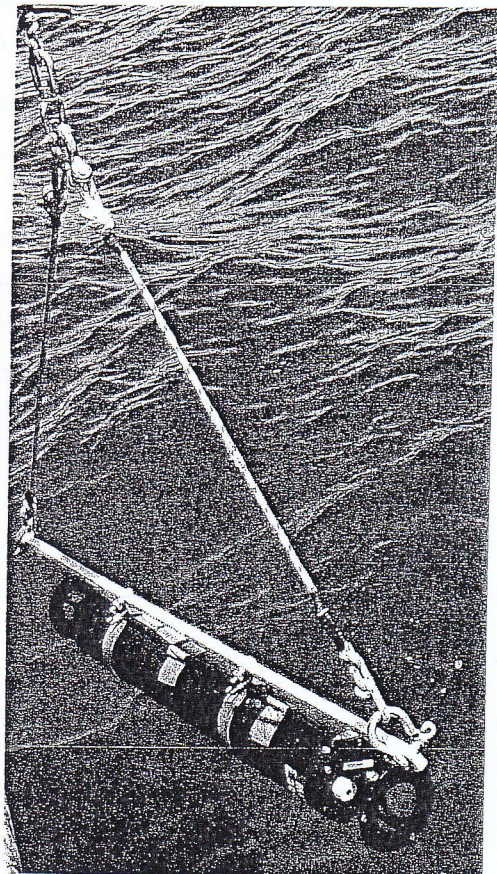
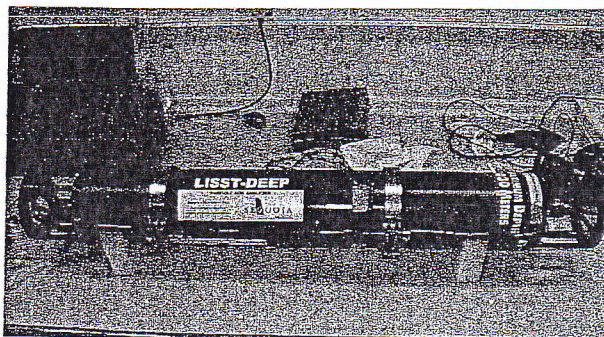
#### 6.2.2. Κοκκομετρική σύσταση αιωρούμενων σωματιδίων

Η κοκκομετρική σύσταση των αιωρούμενων σωματιδίων προσδιορίστηκε σε όλους τους σταθμούς με το όργανο LISST-Deep (Εικ. 43 α, β) της εταιρείας Sequoia Scientific Inc. Το συγκεκριμένο όργανο θεωρείται ως το πλέον κατάλληλο για τη μελέτη της κοκκομετρικής σύστασης των αιωρούμενων σωματιδίων στο θαλάσσιο περιβάλλον, καθώς δίνει τη δυνατότητα της συνεχούς μέτρησης της κοκκομετρικής σύστασης σε όλη την κολόνα του νερού (Agrawal & Pottsmith, 2000, Mikkelsen & Pejrup, 2001). LISST είναι συντομογραφία του Laser In-Situ Scattering and Transmissometry, που καθορίζει και την αρχή λειτουργίας του οργάνου, που είναι



γενικά η περίθλαση και σκέδαση ακτίνας laser από αιωρούμενα σωματίδια. Το όργανο έχει τη δυνατότητα μέτρησης σωματιδίων διαμέτρου από 1.5 έως 250  $\mu\text{m}$  σε 32 κοκκομετρικές κλάσεις. Το LISST ποντίζεται αυτόνομα και έχει εσωτερική τροφοδοσία και μνήμη για την καταγραφή των δεδομένων σε όλη τη στήλη του νερού, περίπου ανά 0.5-1 m.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αποδίδονται είτε ως ιστογράμματα, είτε ως αθροιστική καμπύλη για κάθε μέτρηση, που συνοδεύεται από το μέσο μέγεθος των κόκκων και την τυπική απόκλιση. Επίσης μια χρήσιμη παράμετρος είναι και η συγκέντρωση του όγκου των σωματιδίων (particle volume concentration, *VC* σε  $\mu\text{l/l}$ ), που είναι ενδεικτική της ποσότητας των σωματιδίων που βρίσκονται ανά πάσα στιγμή σε αιώρηση. Το συγκεκριμένο όργανο έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί μέχρι τα 3000 m βάθος και είναι μόλις το 4<sup>ο</sup> που έχει κατασκευαστεί σε όλο τον κόσμο.



**Εικόνα 43.** Το όργανο LISST-Deep (α) στο εργαστήριο όπου έγινε ο έλεγχος ορθής λειτουργίας του οργάνου με ειδικά παρασκευάσματα σωματιδίων ανάλογης διαμέτρου με τα αναμενόμενα στην περιοχή μελέτης και (β) κατά τη διάρκεια πόντισης από αλιευτικό σκάφος στη Μήλο.

### 6.2.3. Παρατήρηση αιωρούμενων σωματιδίων στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM)

Προκειμένου να υπάρξει μία εκτίμηση της ποιότητας των σωματιδίων της θαλάσσιας στήλης στις δύο περιοχές μελέτης, χρησιμοποιήθηκε το Ηλεκτρονικό Μικροσκόπιο Σάρωσης (SEM, Scanning Electron Microscope) του ΕΛΚΕΘΕ (μοντέλο: Philips XL20). Το SEM δίνει τη δυνατότητα της παρατήρησης των σωματιδίων σε μεγάλες μεγεθύνσεις. Η προετοιμασία των δειγμάτων περιλαμβάνει την τοποθέτηση τμήματος



των φίλτρων πάνω σε ειδικές βάσεις από αλουμίνιο και επιχρύσωσή τους σε κατάλληλη συσκευή (BAL-TEC SCD 005 Sputter Coater) προκειμένου τα δείγματα να καταστούν αγωγιμα, ώστε να μπορούν να μελετηθούν στο SEM.

### 6.3. Αποτελέσματα και συζήτηση

#### 6.3.1. Θέση Τσιγκράδο

Στην Εικόνα 2 φαίνονται οι σταθμοί δειγματοληψίας στο Τσιγκράδο (στο Σταθμό MT2 δεν έγινε μέτρηση με το LISST), στον Πίνακα 6.1 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις της αιωρούμενης ύλης στην επιφάνεια και τον πυθμένα των σταθμών δειγματοληψίας, και στην Εικόνα 44 φαίνεται η χωρική κατανομή της συκέντρωσης της αιωρούμενης ύλης στην επιφάνεια (2 m) και στον πυθμένα της περιοχής.

**Πίνακας 6.1.** Συγκεντρώσεις αιωρούμενης ύλης στην επιφάνεια και τον πυθμένα των σταθμών δειγματοληψίας στο Τσιγκράδο (τιμές σε mg/l).

Σταθμός	Επιφάνεια	Πυθμένας
MT-1	0,17	
MT-2	0,38	
MT-3	0,17	0,12
MT-4	0,45	0,10
MT-5	0,39	0,29
MT-6	0,18	
MT-7	0,36	0,20
Ελάχιστο	0,17	0,10
Μέγιστο	0,45	0,29
Μέση Τιμή	0,30	0,18

Οι συγκεντρώσεις της αιωρούμενης ύλης στο Τσιγκράδο κυμάνθηκαν μεταξύ 0,10 και 0,45 mg/l. Η μικρότερη αλλά και η μεγαλύτερη τιμή παρουσιάστηκε κοντά στον πυθμένα του Σταθμού MT-4. Οι μεγαλύτερες τιμές στο επιφανειακό στρώμα παρουσιάζονται στους σταθμούς που βρίσκονται στην κεντρική περιοχή (Σταθμός MT-4), ενώ εκατέρωθεν αυτής οι τιμές μειώνονται. Κοντά στο στρώμα του πυθμένα, η περιοχή φαίνεται να χωρίζεται σε δύο τμήματα, όπου στο ανατολικό οι τιμές είναι ελαφρώς μεγαλύτερες από το δυτικό.

Οι μέσες τιμές των συγκεντρώσεων της αιωρούμενης ύλης στο επιφανειακό στρώμα είναι μεγαλύτερες από εκείνες του πυθμένα. Επίσης, οι μέσες τιμές στο Τσιγκράδο είναι σαφώς μικρότερες από τις αντίστοιχες στα Βούδια (βλ. παρ. 6.3.2). Αυτό ισχύει κυρίως για τον πυθμένα, όπου οι τιμές είναι σχεδόν υπο-πενταπλάσιες.

Οι συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης -α κυμάνθηκαν από 0.03 έως 0.13  $\mu\text{g/L}$  με τις μεγαλύτερες τιμές να εμφανίζονται στους σταθμούς MT5, MT6 ανατολικά τους ακρωτηρίου Ζέφυρος.