

## ΗΜΙ-ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΒΑΡΟΚΛΙΝΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΣΤΟΝ ΠΑΤΡΑΙΚΟ ΚΑΙ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟ ΚΟΛΠΟ

Π. Δρακόπουλος & Α. Λασκαράτος  
Εργαστήριο Μετεωρολογίας Πανεπιστήμιο Αθήνας

### ABSTRACT

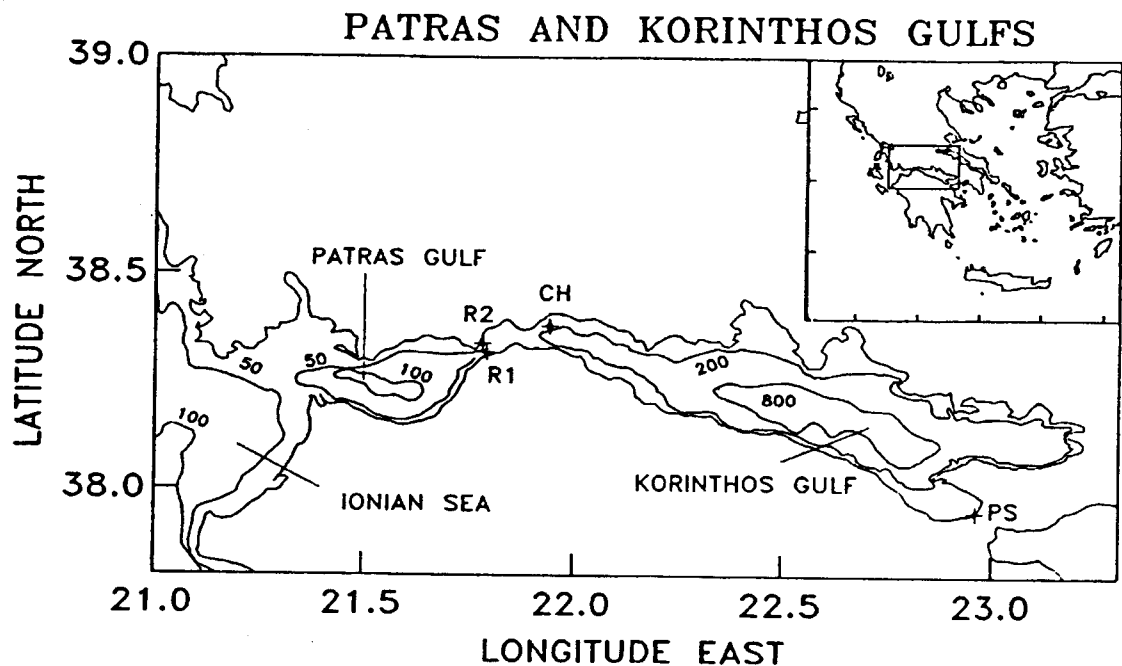
Drakopoulos, P. & A. Lascaratos, 1993. Semidiurnal baroclinic processes in the Patras and Korinthos Gulfs. Proc. 4th Natl. Symp. Oceanogr. Fish., pp. 164-167.

The semidiurnal baroclinic tides in the semi-enclosed basin which lies between the Greek Mainland and Peloponnesus were studied. The baroclinic wave field was found to be generated in the centre of the basin where bottom step topography exists. Typical amplitudes in a distance 8 km away from the generation region were found to be over 3 m during spring tides. Most of the energy could be accounted for by the first three vertical modes. During upwelling and downwelling events which are frequent in this area during summer, the internal tide almost disappeared due to the destruction of the stratification.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η θαλάσσια περιοχή μεταξύ του Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου, εμφανίζεται σαν μία ημίκλειστη λεκάνη με διεύθυνση ανατολή-δύση (σχήμα 1). Στο άνοιγμα της λεκάνης (δυτικά) βρίσκεται ο σχετικά ρηχός Πατραϊκός κόλπος (βάθος περίπου 100 m και εύρος 20 km). Η

ανατολική πλευρά της λεκάνης αποτελείται από τον κατά πολύ πιο βαθύ (800 m) Κορινθιακό κόλπο. Η απότομη αλλαγή βάθους εμφανίζεται στη περιοχή του κόλπου της Ναυπάκτου που ενώνει τους δύο μεγαλύτερους κόλπους.



Πατραϊκός και Κορινθιακός Κόλπος.

Η παραμόρφωση των ισοπύκνων από τη βαροτροπική παλίρροια λόγω της συγκεκριμένης τοπογραφίας, που στα στενά του Ρίου ξεπερνά τα 80 cm/s, είναι μηχανισμός κατάλληλος για την δημιουργία εσωτερικής παλίρροιας (π.χ. Wunsch 1975). Η τεκμηριωμένη δε παρουσία ανάβλυσης το καλοκαίρι στα βόρεια σύνορα της λεκάνης κοντά στη Ναύπακτο, Lascaratos *et al.* (1989), καθιστά την περιοχή κατάλληλη για τη μελέτη αλληλεπίδρασης βαροκλιτικών παλιρροιών και ανάβλυσης.

#### ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Σ' αυτή τη μελέτη χρησιμοποιήθηκαν χρονοσειρές από 11 thermistors στη θέση CH, 6 ρευματογράφους στις θέσεις R1 και R2 και του παλιρροιογράφου στη θέση PS (σχήμα 1). Η χρονική περίοδος της μελέτης είναι από 26/6/86 έως 30/7/86.

#### ΑΝΑΛΥΣΗ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Για τον προσδιορισμό της εσωτερικής παλίρροιας, απαιτείται η γνώση του πλάτους και της φάσης του κύματος σαν συνάρτηση του βάθους. Συνήθης μέθοδος ανάλυσης είναι η αρμονική ανάλυση. Επειδή στις χρονοσειρές της θερμοκρασίας (σχήμα 3δ) είναι εμφανής η χρονική μετατόπιση των ισόθερμων λόγω της ανάβλυσης και καταβύθισης, η χρονική μεταβλητότητα αυτή της στρωματοποίησης αναμένεται να εμφανιστεί και στο πλάτος της βαροκλιτικής παλίρροιας. Για αυτό τον λόγο η αρμονική ανάλυση των χρονοσειρών έγινε σε τμήματα χρονοσειρών 15 ημερών με επικάλυψη μίας ημέρας (π.χ. Drakopoulos και Marsden 1993). Το πλάτος του εσωτερικού κύματος, υπολογίστηκε από την σχέση:

$$\eta = T_0 \cos(\omega t - g - \pi) / (d\langle T \rangle / dz) \quad (1)$$

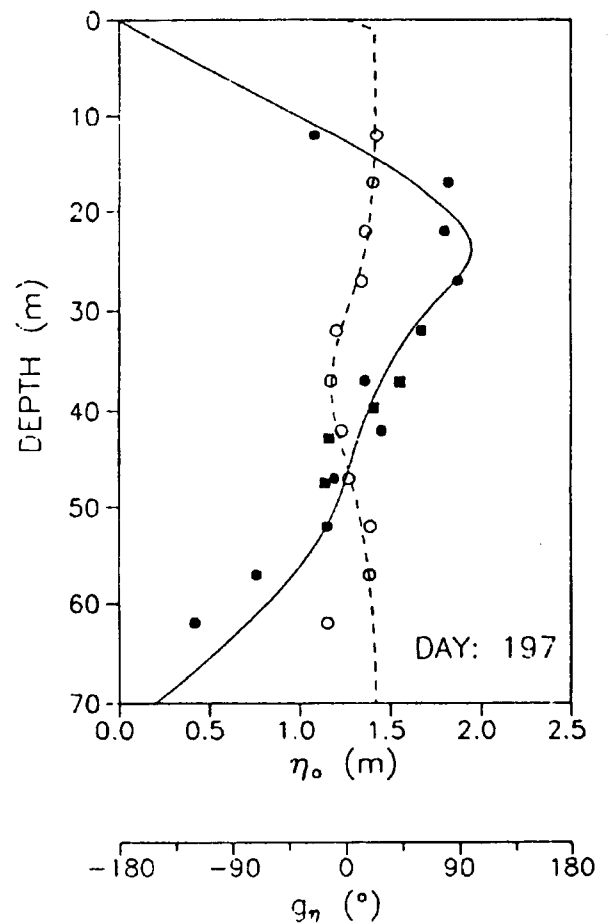
όπου  $T_0$  και  $g$  είναι το πλάτος και η φάση από την αρμονική ανάλυση των χρονοσειρών θερμοκρασίας. Τυπικά πλάτη στην περιοχή της Ναυπάκτου είναι 2-3 m. Το μέγιστο πλάτος παρατηρείται σε βάθος 25 μέτρων.

Για να βρεθεί η κατά κατακόρυφους τρόπους κατανομή της βαροκλιτικής ενέργειας, λύθηκε αριθμητικά η εξίσωση:

$$d^2\psi/dz^2 + \psi(N^2 - \omega^2)/c^2 = 0 \quad (2)$$

όπου  $\psi$  είναι οι ιδιοσυναρτήσεις και  $c$  οι ιδιοτιμές της κατακόρυφης ταλάντωσης. Μιγαδική παλινδρόμηση των ιδιοσυναρτήσεων με τα αποτελέσματα της αρμονικής ανάλυσης

(Drakopoulos & Lascaratos, 1992) έδειξε ότι πάνω από το 80% της βαροκλιτικής ενέργειας περιγράφεται από τον πρώτο τρόπο, ενώ 3 τρόποι είναι αρκετοί για να περιγράψουν την κατανομή του πλάτους με το βάθος (σχήμα 2).



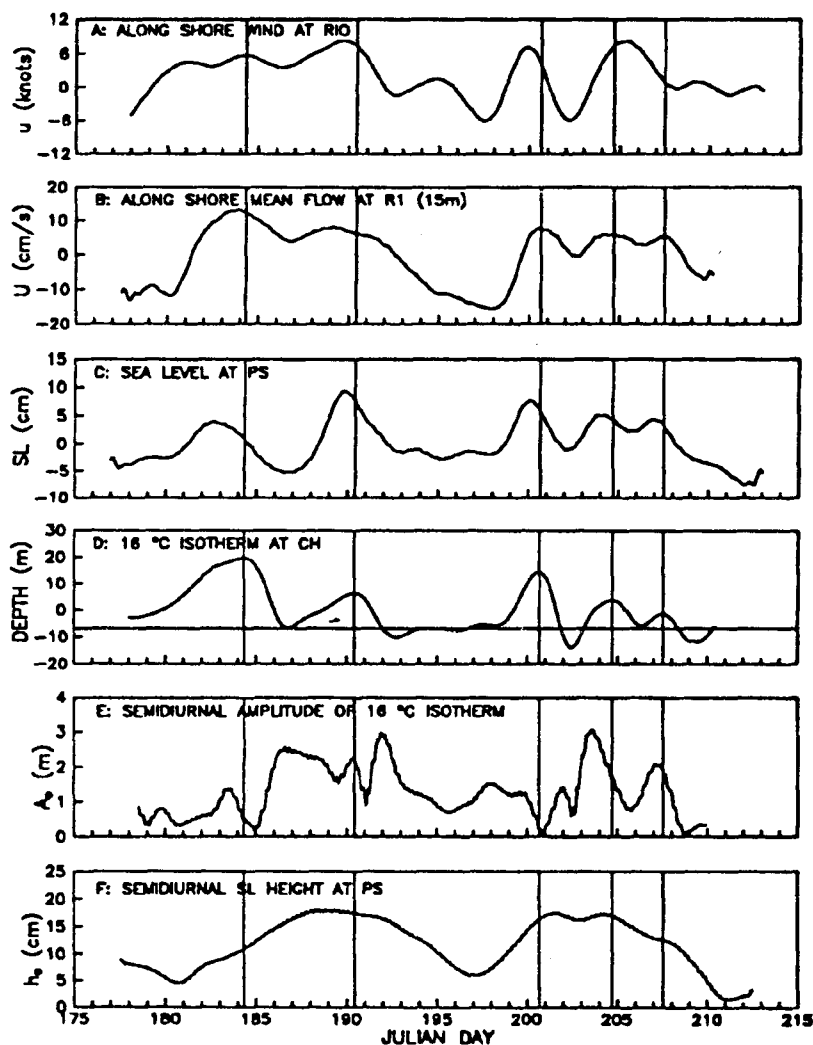
Σχήμα 2: Κατακόρυφη δομή πλάτους και φάσης της εσωτερικής παλίρροιας στη θέση CH την ημέρα 197. Τα σημεία αντιπροσωπεύουν παρατηρήσεις πεδίου και οι γραμμές αποτελέσματα μοντέλου.

Αρμονική ανάλυση στις χρονοσειρές των ρευμάτων έδειξε ισχυρή βαροκλιτικότητα σε όλη τη περιοχή. Οι μεγάλοι άξονες των παλιρροιακών ελλείψεων ακολουθούν την τοπογραφία του βυθού ενώ οι μικροί είναι ουσιαστικά ανύπαρκτοι. Τα βαροκλιτικά ρεύματα στη θέση R2 είναι κατά πολύ ισχυρότερα από τη θέση R1, χαρακτηριστικό κύματος Kelvin με διάδοση δυτική.

Η σχέση της φάσης μεταξύ του βαροτροπικού κύματος και του πρώτου βαροκλιτικού χρησιμοποιήθηκε για να εντοπιστεί ο τόπος δημιουργίας της εσωτερικής παλίρροιας. Από τη

σχέση  $\Delta x = \Delta g / k$  όπου  $k = 3.7 \times 10^{-4} \text{m}^{-1}$  είναι ο οριζόντιος κυματαριθμός του πρώτου τρόπου και  $\Delta g$  η διαφορά φάσης βαροτροπικού-βαροκλιτικού κύματος, η περιοχή δημιουργίας υπολογίστηκε ότι απέχει περίπου 8.3 km από τον σταθμό CH,

αποτέλεσμα που επιβεβαιώνεται από τη θεωρία γιατί εκεί βρίσκεται η απότομη αλλαγή βάθους. Παρόμοια ανάλυση των χρονοσειρών στις θέσεις R1, R2 έδωσε ανάλογα αποτελέσματα.



Σχήμα 3: Χαμηλόσυχνες SSA συνιστώσες α) του ανέμου κατά μήκος των στενών του Ρίου, β) του ρεύματος κατά μήκος των στενών στη θέση R1, γ) της στάθμης της θάλασσας στη θέση PS, δ) της ισόθερμης των 16 βαθμών στη θέση CH και πλάτη ε) της ημι-ημερήσιας εσωτερικής παλίρροιας στη θέση CH και ζ) της ημι-ημερήσιας βαροτροπικής παλίρροιας.

### Επίδραση της ανάβλυσης.

Για τη μελέτη της επίδρασης της ανάβλυσης στη βαροκλιτική παλίρροια, χρησιμοποιήθηκε η φασματική μέθοδος Singular Spectrum Analysis, (SSA) σε συνδυασμό με μιγαδική αποδιαμόρφωση. Συγκεκριμένα αναλύθηκε η χρονική εξέλιξη της

απεριοδικής και 12-ώρης συνιστώσας των χρονοσειρών της ισόθερμου των 16 °C στη θέση CH, των ρευμάτων και θερμοκρασιών στις θέσεις R1 και R2 και της στάθμης της θάλασσας στη θέση PS (σχήμα 3). Τρία είναι κυρίως τα επεισόδια της ανάβλυσης κατά την περίοδο των

παρατηρήσεων με μέγιστα τις ημέρες 184, 190, 201. Στο σχήμα 3α φαίνεται ο άνεμος και στο 3β η ανεμογενής ροή κοντά στην επιφάνεια στη θέση R1. Αυτή η ροή αντικατοπτρίζεται και στη στάθμη της θάλασσας στη θέση PS (σχήμα 3γ). Η μεταβλητότητα της ροής έχει σαν αποτέλεσμα την ανάβλυση και καταβύθιση στη θέση CH που είναι πάνω από 30 μέτρα για την ισόθερμη των 16 βαθμών (σχήμα 3δ). Στο σχήμα 3ε περιγράφεται η χρονική εξέλιξη του πλάτους του ημιημερήσιου βαροκλινικού κύματος στη θέση CH. Είναι εμφανές ότι στη διάρκεια ανάβλυσης και καταβύθισης η εσωτερική παλίρροια ελαχιστοποιείται μέχρι μηδενισμού λόγω της καταστροφής της στρωμάτωσης. Εξετάζοντας δε το πλάτος της βαροτροπικής παλίρροιας (σχήμα 3ζ), βλέπουμε ότι αν και κατά τη περίοδο των τετραγωνισμών (ημέρα 197) η βαροτροπική διέγερση είναι ελάχιστη, επειδή επικρατούσαν συνθήκες καλής στρωματοποίησης, το πλάτος της βαροκλινικής παλίρροιας είναι αρκετά ισχυρό. Η παρουσία δε του κύκλου των 15 ημερών και στην

εσωτερική παλίρροια, είναι ένδειξη σταθερής σχέσης φάσης των M2 και S2 συνιστωσών.

#### ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε το ΕΚΘΕ και την ΥΥ/ΠΝ για Συμπόσιουλην παραχώρηση μέρους των δεδομένων.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Drakopoulos P.G. & A. Lascaratos, 1992. Semidiurnal baroclinic processes in the upwelling region of Korinthos and Nafpaktos Gulfs, Western Greece. Submitted to the *J. Geophys. Res.*
- Drakopoulos P.G. & R.F. Marsden, 1993. The internal tide off the west coast of Vancouver Island. *J. Phys. Oceanogr.*, 23: 758-775.
- Lascaratos A., E. Salusti & G. Papageorgaki, 1989. Wind-induced upwellings and currents in the gulfs of Patras, Nafpaktos and Korinthos, Western Greece. *Ocean. Acta*, 12: 159-164.
- Wunsch C., 1975. Internal Tides in the Ocean. *Rev. of Geophys.*, 13: 167-182.