

Μελέτη Δομής και Εποχιακών Διακυμάνσεων της Επιφανειακής Κυκλοφορίας Θαλασσίων Υδάτων B. Αιγαίου για Οριοθέτηση Περιοχών Έρευνας-Διάσωσης

Χρήστος Λέλης, Πλωτάρχης Π.Ν. Μ.Σc./Οc

Σχολή Ναυτικών Δοκίμων, Εργαστήριο Ναυτιλίας και Θαλασσίων Επιστημών

Περίληψη. Στο άρθρο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μελέτης των δομών της επιφανειακής κυκλοφορίας της θάλασσας και των εποχιακών διακυμάνσεών τους, για την οριοθέτηση περιοχών έρευνας συναρτήσει της εκτιμηθείσας θέσης ενός ναυαγού. Η ερευνητική αυτή εργασία βασίστηκε στην κατασκευή μοντέλου έρευνας – διάσωσης για την επίδραση των ταχυτήτων του επιφανειακού στρώματος, το οποίο συζεύχθηκε με σύστημα πρόγνωσης της θαλάσσιας κυκλοφορίας της λεκάνης του Βορείου Αιγαίου στο ανώτερο επιφανειακό στρώμα, στο οποίο αντιστοιχεί περίπτωση ανθρώπου στη θάλασσα. Στο μοντέλο εξετάζεται επίσης και το φαινόμενο της υποθερμίας και προσδιορίζεται το χρονικό διάστημα στο οποίο υφίσταται δυνατότητα διάσωσης του ατόμου με υπολογισμό του δυνατού χρόνου επιβίωσης λόγω θερμοκρασίας σώματος, στο νερό. Τα αποτελέσματα εμφανίζουν έντονες χωρικές και χρονικές διακυμάνσεις, που σχετίζονται με τις διακυμάνσεις των σχηματισμών κυκλοφορίας του Β.Αιγαίου, των ανταλλαγών με τη Μαύρη Θάλασσα και τον έντονο εποχικό κύκλο που παρατηρείται στην περιοχή.

Λέξεις – κλειδιά: Έρευνα – Διάσωση, παρασυρόμενη κίνηση, αριθμητικό μοντέλο, Βόρειο Αιγαίο, επιφανειακή κυκλοφορία.

Study of Structure and Seasonal Fluctuations of North Aegean's Sea Surface Circulation for the Delimitation of Search and Rescue Areas

Christos Lelis, Lt. Cdr. HN. M.Sc./Oc

Hellenic Naval Academy, Sea Sciences and Navigation Laboratory

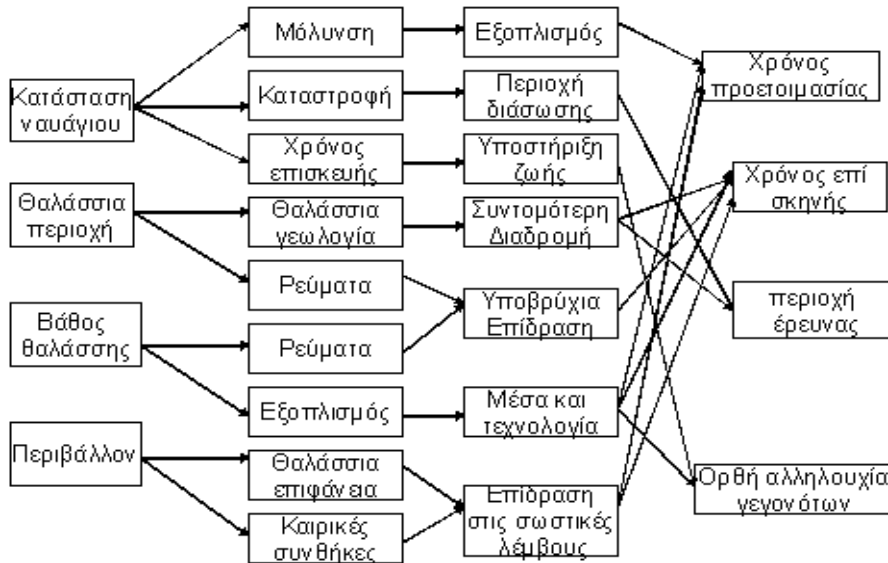
Abstract. This article discusses the study results of sea surface circulation structures and their seasonal fluctuations, for the delimitation of search areas associated with the estimated position of a castaway. This project was based on the development of a "Search and Rescue" model about the effect of surface layer velocities, connected with a forecasting system of the Northern Aegean marine circulation in the superior surface layer, to which the case of person in the water (PIW) corresponds. The phenomenon of hypothermia is also examined in the model; furthermore, the time interval in which there are possibilities of rescue of an individual is determined by calculating the possible survival time in water, due to body temperature. The results present intense territorial and time fluctuations, related to the fluctuations of North Aegean circulation shapes, the water exchanges with the Black Sea and the intense seasonal circle observed in the region.

Keywords: Search & Rescue, drift on sea surface, numerical model, North Aegean, sea surface circulation.

PACS: 92.10ab, 92.05.Bc, 92.05Fg.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η θαλάσσια έρευνα και διάσωση (Maritime Search and Rescue) αποτελεί μια περίπλοκη διεργασία η οποία, λόγω του χρονικού περιορισμού και της άμεσης εξάρτησής της από περιβαλλοντικούς παράγοντες, συνδυάζει τόσο το γνωστικό αντικείμενο διαφόρων θετικών επιστημών (π.χ Ωκεανογραφία, Μετεωρολογία), όσο και την τεχνολογία άλλων (Επιστήμη των Υπολογιστών, Επιχειρησιακή Έρευνα, Ιατρική), εκμεταλλεόμενη ταυτόχρονα επιχειρησιακά στοιχεία διαφόρων αρχών (Ακτοφυλακή, Πολεμικό Ναυτικό, Πολεμική Αεροπορία) (Σχήμα 1).



ΣΧΗΜΑ 1. Παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη στην Έρευνα – Διάσωση (Διασκευή. από L.Yan et al, 2009)

Στη βασική της μορφή, η θαλάσσια έρευνα –διάσωση συνίσταται σε τέσσερα κύρια στάδια, τα οποία αποτελούν τους θεμέλιους λίθους και καθορίζουν την επιτυχία ή μη μιας αποστολής. Τα στάδια αυτά περιλαμβάνονται στο γενικότερο σχεδιασμό Έρευνας – Διάσωσης (Search and Rescue Planning) και είναι τα εξής (National SAR Manual Vol I, 1991):

- α. Καθορισμός αρχικής θέσης κινδυνεύοντος (Datum)
- β. Καθορισμός περιοχής ερεύνης (Search Area).
- γ. Καθορισμός μέσων που διατίθενται για την εκτέλεση τέτοιου είδους επιχειρήσεων.
- δ. Καθορισμός τρόπου ερεύνης προκειμένου να επιτευχθεί όσο το δυνατόν συντομότερα το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Τα πρώτο στάδιο είναι αντικείμενο μελέτης όσον αφορά στην ανάπτυξη συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης (early warning). Το δεύτερο στάδιο, που αποτελεί αντικείμενο του συγκεκριμένου άρθρου, αναφέρεται στην εκμετάλλευση περιβαλλοντολογικών δεδομένων και θεωρίας περί παρασυρόμενης κινήσεως (drift) στη θάλασσα. Τα δύο τελευταία στάδια αποτελούν αντικείμενα μελέτης της στατιστικής ανάλυσης και της επιχειρησιακής έρευνας.

Σκοπός του άρθρου είναι η παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προέρχονται από τη μελέτη μεγεθών που επηρεάζουν ουσιαστικά τον καθορισμό μιας περιοχής ερεύνης, στο πλαίσιο μιας επιχείρησης έρευνας – διάσωσης, συναρτήσει της δυναμικής και των φυσικών διεργασιών που χαρακτηρίζουν τη λεκάνη του Βορείου Αιγαίου. Για το λόγο αυτό, το άρθρο διακρίνεται στις παρακάτω ενότητες:

- α. Ενότητα 1, όπου γίνεται μια θεωρητική ανασκόπηση του καθορισμού περιοχής ερεύνης στα πλαίσια Έρευνας – Διάσωσης στη θάλασσα.
- β. Ενότητα 2, όπου γίνεται μια σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση της λεκάνης του Βορείου Αιγαίου.
- γ. Ενότητα 3, όπου αναφέρονται η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε και το μοντέλο που αναπτύχθηκε προκειμένου να εκτελεστούν οι εκάστοτε μετρήσεις.
- δ. Ενότητα 4, όπου αναλύονται τα αποτελέσματα εφαρμογής του μοντέλου και τα ειδικά συμπεράσματα που εξάγονται.
- ε. Ενότητα 5, όπου εκτελείται μια σύνοψη των συμπερασμάτων βάσει των οποίων υφίστανται συγκεκριμένες προτάσεις.

I. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΟΥ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ – ΔΙΑΣΩΣΗΣ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ

1.1 Εκτίμηση Παρασυρόμενης Κινήσεως (Drift) και Περιοχής Ερεύνης

Ένα θεμελιώδες πρόβλημα που απαντάται στη θαλάσσια έρευνα και διάσωση είναι η ταχύτατη ανάπτυξη των διαστάσεων της περιοχής ερεύνης, δηλαδή της περιοχής όπου εκτιμάται ότι θα ευρισκείται το αντικείμενο (ανθρώπινο σώμα, σωστική λέμβος κα) που αναζητείται. Στην πραγματικότητα, οι διαστάσεις μιας περιοχής έρευνας τείνουν σε αύξηση με σχέση δευτέρου βαθμού σε συνάρτηση με το χρόνο (Breivik O., 2005; Risley et al, 1998). Η καλή γνώση των μετεωρολογικών και ωκεανογραφικών συνθηκών της περιοχής δύναται να μειώσει την αύξηση της περιοχής ερεύνης και την αβεβαιότητα στο καθορισμό της τακτικής που θα ακολουθηθεί. Έτσι, από τη στιγμή όπου η τελευταία γνωστή θέση του επιπλέοντος αντικειμένου μπορεί να εξακριβωθεί, η περιοχή ερεύνης μεταβάλλεται τόσο σε μέγεθος όσο και σε θέση με τρόπο που συσχετίζεται άμεσα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την ακρίβεια που αυτές οι συνθήκες μπορούν να εκτιμηθούν. Συχνά, ευμετάβλητοι τοπικοί άνεμοι και ασταθή θαλάσσια ρεύματα έχουν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη της χωρικής διάστασης της περιοχής ερεύνης σε τέτοιο βαθμό ώστε τα υπάρχοντα μέσα δεν δύνανται να την καλύψουν δίχως να αφήσουν ενδιάμεσα κενά. Γίνεται λοιπόν εύκολα κατανοητό ότι οι περιβαλλοντολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν τις διαστάσεις μιας περιοχής ερεύνης και τελικά την οριοθετούν, είναι οι συντελεστές που έχουν άμεση σχέση με την παρασυρόμενη κίνηση (drift) αντικειμένου στην επιφάνεια της θάλασσας.

Η παρασυρόμενη αυτή κίνηση είναι το καθαρό αποτέλεσμα μιας σειράς δυνάμεων που ενεργούν πάνω στη θαλάσσια επιφάνεια (θαλάσσια ρεύματα (water currents), άνεμος (atmospheric wind), κίνηση των κυμάτων (wave motion), κυματογενή ρεύματα (wave induced currents)) καθώς και στη μάζα του επιπλέοντος αντικειμένου (δύναμη της βαρύτητας (gravitational force) και άνωση (buoyancy force)). Συνεπώς είναι πολύ πιθανό να υπολογιστεί η «τροχιά» του αντικειμένου λαμβάνοντας πληροφορίες για τον τοπικό άνεμο, τα ρεύματα επιφανείας το σχήμα και την πλευστότητα του αντικειμένου (Hackett et al, 2006). Προκειμένου λοιπόν να προσδιοριστεί η εν λόγω παρασυρόμενη κίνηση, τίθενται ζητήματα προσδιορισμού πλήθους αβεβαιοτήτων, κυρίως στην περιοχή που περικλείει τις πιθανές τροχιές του αντικειμένου και αποτελεί την υπό εκτίμηση περιοχή ερεύνης. Άλλο ένα, τελείως τυχαίο θέμα, αποτελεί ο προσανατολισμός του αντικειμένου ως προς την διεύθυνση του ανέμου που επικρατεί, τη δεδομένη χρονική στιγμή (Hackett et al, 2006; Carniel et al, 2002, Allen, 2005). Επιπρο-

σθέτως, είναι σύνηθες το φαινόμενο να μην υφίστανται ακριβείς πληροφορίες για το ίδιο, το προς έρευνα, αντικείμενο, όπως επίσης και για τη θέση του σε μια δεδομένη χρονική στιγμή.

Τα διάφορα μοντέλα υπολογισμού της παρασυρόμενης κινήσεως βασίζονται πάνω σε εμπειρικές παραμετροποιήσεις που έχουν προέλθει από ένα μεγάλο αριθμό πειραμάτων, παρατηρήσεων πεδίου, εμπειρικά διαμορφωμένων τύπων και ατελών προσεγγίσεων των νόμων της υδροδυναμικής. Η εκάστοτε προσέγγιση εκτελείται με τη βοήθεια της θεωρίας των πιθανοτήτων. Αντιστοιχώντας τιμές πιθανοτήτων στις σχετικές παραμέτρους, αναπτύσσεται ένα σύμπλεγμα αριθμητικών σχέσεων. Όταν δημιουργούνται «διαταραχές» στις παραμέτρους, οι σχέσεις αποδίδουν αποτελέσματα στο πλαίσιο μιας στοχαστικής μεθόδου. Έτσι, η εκάστοτε «διαταραχή» υπαγορεύεται και τελικά αντικαθίσταται από την ορθή κατανομή πιθανοτήτων. Με τον τρόπο αυτό, δημιουργείται ένα πλήθος από «υποψήφιος» θέσεις του αντικειμένου κατά τη διάρκεια της παρασυρόμενης κινήσεώς του. Το πλήθος των υποψηφίων θέσεων αποτελεί μια μέτρηση της πιο πιθανής περιοχής όπου δύναται να εντοπιστεί το προς έρευνα αντικείμενο (Hacket et al, 2006; Press et al, 1993; Richardson, 1986).

1.2 Η Τελευταία Γνωστή Θέση του Αντικειμένου που Ερευνάται

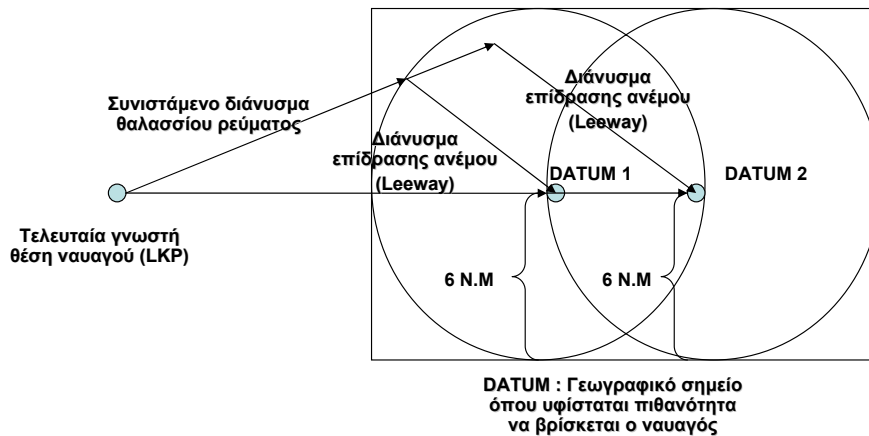
Ο πρώτος στόχος μιας επιχείρησης έρευνας – διάσωσης είναι να προσδιοριστεί η τελευταία γνωστή θέση του, προς έρευνα, αντικειμένου (Last Known Position –LKP). Ο προσδιορισμός αυτός αποτελεί πολύ κρίσιμο βήμα αφού η ακρίβεια της πληροφορίας κρίνει κατά μεγάλο βαθμό και το ποσοστό επιτυχίας της επιχείρησης.

Μια τιμή αβεβαιότητας αντιστοιχεί στο LKP, τόσο για το χώρο όσο και για το χρόνο. Αν το LKP δύναται να είναι με κάποια σχετική ακρίβεια γνωστό (π.χ αν υπήρξε άμεσο σήμα κινδύνου ή άμεση μαρτυρία ή και ακόμα γνωστή διαδρομή), τότε μια μικρής διάστασης ακτίνα κύκλου γύρω από το DATUM³ μπορεί να προσδιορίσει το χώρο όπου πρέπει να εκτελεστεί η έρευνα για τον αντίστοιχο χρόνο. Αντίθετα, στη χειρότερη περίπτωση, όπου οι πληροφορίες για το χρόνο και τη θέση είναι λίγες ή ανακριβείς, τότε η ακτίνα γύρω από το DATUM μεγαλώνει συναρτήσει και του χρόνου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πλήθους πιθανών αρχικών θέσεων πάνω σε ένα μεγάλο τμήμα της θαλάσσιας επιφάνειας, οι οποίες θα αντιστοιχούν σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Έτσι το προς έρευνα αντικείμενο θα παρουσιάσει διαφορετικές τροχιές λόγω της επίδρασης των περιβαλλοντολογικών συνθηκών (θαλάσσια ρεύματα, άνεμος, συνθήκες κυματισμού) ενώ ταυτόχρονα η θέση DATUM θα αλλάζει στοιχεία και θα διορθώνεται κατόπιν επαναληπτικών υπολογισμών εκτίμησης των περιβαλλοντολογικών στοιχείων (Σχήμα 2). Συνεπώς η επιλογή της αρχικής κατανομής του συνόλου των στοιχείων θα επιδράσει ιδιαίτερα στον καθορισμό των διαστάσεων της περιοχής ερεύνης (Hacket et al, 2006 ; Canadian SAR Manual; U.S SAR Manual; Australian National SAR Manual).

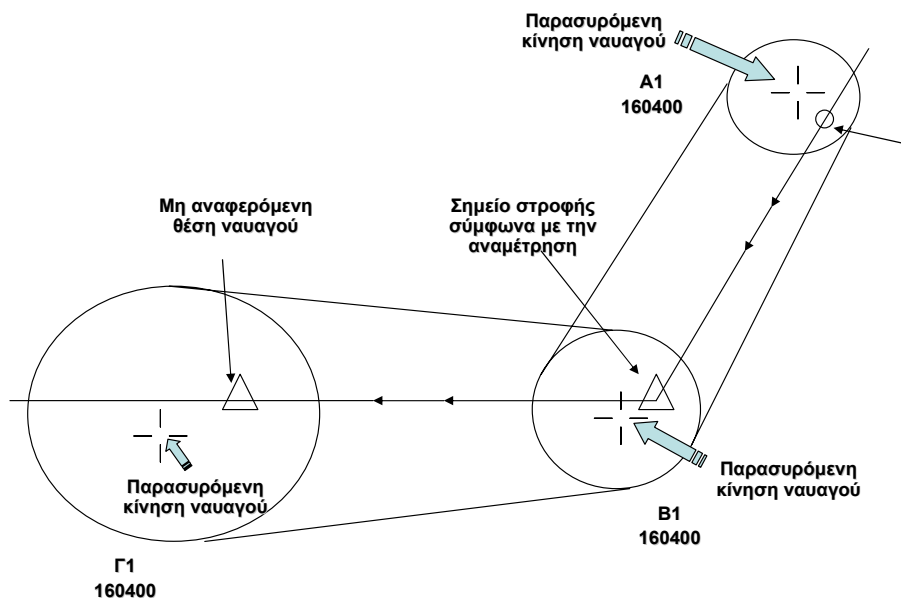
Από τις ακτοφυλακές των ΗΠΑ, Καναδά και Αυστραλίας χρησιμοποιούνται πρακτικές μέθοδοι, τουλάχιστον στην αρχική επίλυση του προβλήματος, προκειμένου να επιτευχθεί η εκτίμηση της περιοχής ερεύνης σε μικρό χρονικό διάστημα. Οι υπολογισμοί εκτελούνται βάσει των διανυσμάτων *leeway*⁴, ανέμου και θαλάσσιου ρεύματος, στοιχεία των οποίων προέρχονται από τα μετεωρολογικά συνοπτικά δελτία και δημιουργείται μια διαδρομή DATUM (DATUM Plot) (Σχήμα 3).

³ DATUM: Αποτελεί ένα γεωγραφικό σημείο, γραμμή ή ακόμα και περιοχή όπου υφίστανται πιθανότητες να είναι το αντικείμενο. Στην αρχική προσέγγιση ταυτίζεται συνήθως με τη τελευταία γνωστή θέση του αντικειμένου (LKP)

⁴ *Leeway*: Η κίνηση του αντικειμένου στη θάλασσα βάσει της επίδρασης του ανέμου και της εκτεθειμένης σε αυτόν επιφάνειας του αντικειμένου.



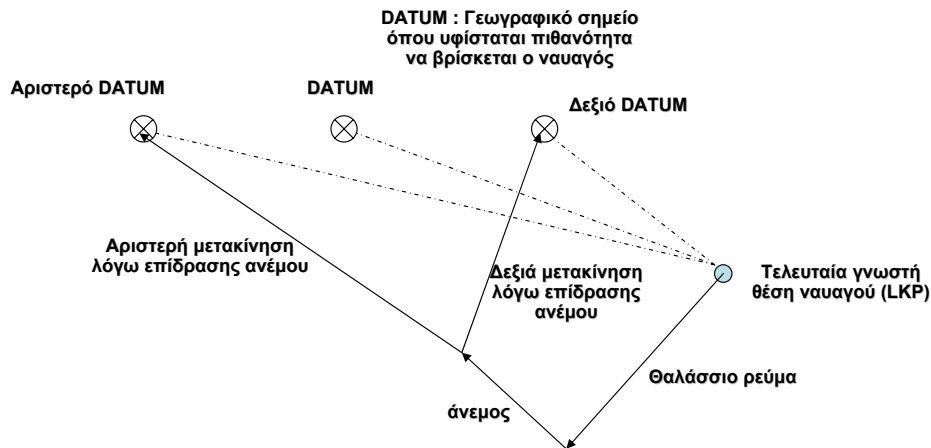
ΣΧΗΜΑ 2. Πιθανές περιοχές Ερεύνης όταν υφίσταται αβεβαιότητα χρόνου
(Διασκευή από Canadian SAR Manual)



ΣΧΗΜΑ 3. Διαδρομή Datum (Datum Plot)
(Διασκευή από U.S SAR Manual)

1.3 Πρακτικές Μέθοδοι

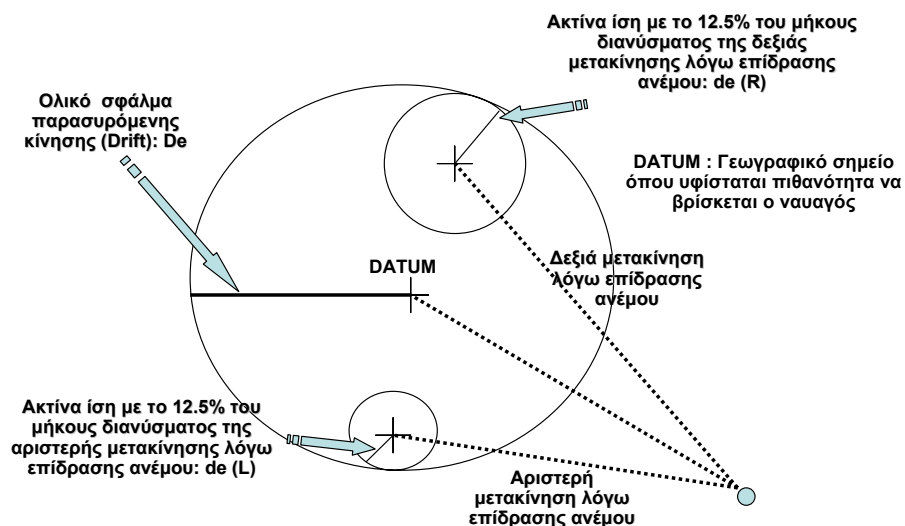
Υφίστανται πίνακες, ανάλογα της επιπλέουσας επιφάνειας του αντικειμένου, όπου γίνεται αντιστοίχιση του διανύσματος leeway (διεύθυνση και μέγεθος) με την διεύθυνση και ένταση του πνέοντος ανέμου. Λόγω των αβεβαιοτήτων που εισέρχονται στην εκτίμηση του leeway, για την γραφική εκτίμηση της διαδρομής Datum λαμβάνονται πάντα υπόψη δύο περιπτώσεις leeway (Αριστερό leeway & Δεξιό leeway). Εφαρμόζοντας το διάνυσμα του θαλάσσιου ρεύματος στη τελευταία γνωστή θέση του αντικειμένου, προσθέτοντας σε αυτό το διάνυσμα του ανέμου και εν συνεχεία το ΔΕ ή AP διάνυσμα leeway προκύπτουν δύο εκτιμώμενα σημεία θέσης. Το μέσον της απόστασης μεταξύ των δύο αυτών σημείων θεωρείται ως το εκτιμηθέν DATUM (Σχήμα 4).



ΣΧΗΜΑ 4. Προσδιορισμός της θέσης Datum
(Διασκευή από Canadian SAR Manual)

Πέριξ της θέσεως DATUM διαγράφεται ένας κύκλος πιθανοτήτων που καλείται ολικό σφάλμα Drift (Drift Error (D_e)). Ο κύκλος αυτός περικλείει δύο έτερους κύκλους με ακτίνα ίση με το 12.5% της απόστασης της τελευταίας γνωστής θέσης του ναυαγού (LKP) από τα πέρατα των αντίστοιχων διανυσμάτων leeway (AP & ΔΕ) και με κέντρα τα συγκεκριμένα σημεία. Το ποσοστό αυτό (12.5%) αντιστοιχεί σε συγκεκριμένο συντελεστή ασφαλείας (Σχήμα 5). Ο προσδιορισμός της ακτίνας του εν λόγω κύκλου προκύπτει από το άθροισμα των ακτίνων (d_e (L) και d_e (R)) και της απόστασης μεταξύ της τελευταίας γνωστής θέσης του ναυαγού και των περάτων των διανυσμάτων leeway διαιρούμενο με το 2 σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$D_e = \{d_e (L) + d_e (R) + \text{distance LR}\} / 2 \quad (1)$$



ΣΧΗΜΑ 5. Προσδιορισμός του ολικού σφάλματος Drift.
(Διασκευή από Australian National SAR Manual)

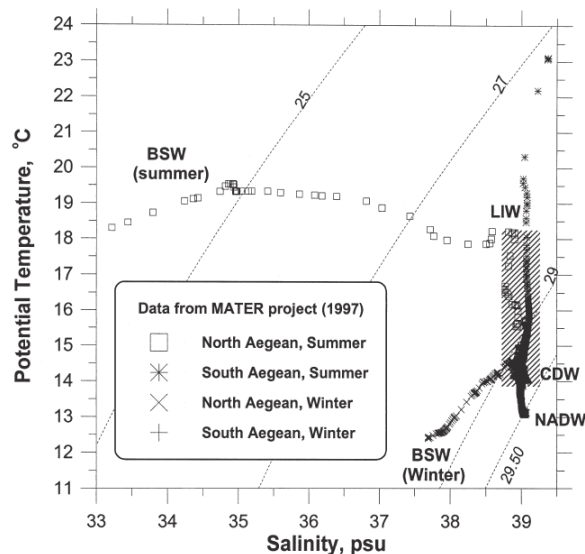
1.4 Επιχειρησιακά Μοντέλα για Έρευνα – Διάσωση στον Θαλάσσιο Χώρο

Για να στεφθεί με επιτυχία μια αποστολή Έρευνας – Διάσωσης, οι αρχές κάθε χώρας αξιοποιούν τα πιο σύγχρονα εργαλεία προκειμένου να καθορίσουν / οριοθετήσουν την περιοχή ερεύνης. Ολοκληρωμένα επιχειρησιακά μοντέλα και προγράμματα όπως τα GDOC (Geographic Display Operations Computer), SARIS (Search and Rescue Information System), SAROPS (Search and Rescue Optimal Planning System), SARPA (Search and Rescue Planning Assistant project), CANSARP (Canadian Search and Rescue Program), CASP (Coast Guard Computer Assisted Search), MOTHY (Modèle Océanique de Transport d' Hydrocarbures) και άλλα, υπολογίζουν την περιοχή ερεύνης λαμβάνοντας υπόψη ανεμολογικό καθεστώς και ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά στην εκάστοτε περιοχή.

II. Η ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΛΕΚΑΝΗ ΤΟΥ ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ

2.1 Κυκλοφορία θαλασσίων υδάτων στη Λεκάνη του Βορείου Αιγαίου

Η κυκλοφορία των θαλασσίων υδάτων στο Βόρειο Αιγαίο, επηρεάζεται από τη γενικότερη κυκλοφορία της Ανατολικής Μεσογείου. Όμως η επικοινωνία της θαλάσσιας λεκάνης του Βορείου Αιγαίου με την Θάλασσα του Μαρμαρά και κατ' επέκταση με την Μαύρη Θάλασσα, έχει ως αποτέλεσμα να επηρεάζεται εντονότερα από τα νερά που εισέρχονται από τα στενά των Δαρδανελίων. Πιο συγκεκριμένα, στο Βόρειο Αιγαίο απαντώνται τέσσερις βασικές αλλά διαφορετικές υδάτινες μάζες. Στην επιφάνεια και σε βάθος που κυμαίνεται μεταξύ 30 και 100 μέτρων απαντώνται τα νερά της Μαύρης Θάλασσας (Black Sea Waters (BSW)), τα οποία μπορούν να διαχωριστούν σε νέα ή παλαιά, ανάλογα με την τροποποίηση που έχουν υποστεί στη λεκάνη του Αιγαίου. Σε βάθη από την επιφάνεια έως τα 400 μέτρα απαντώνται υδάτινες μάζες προερχόμενες από την θάλασσα της Λεβαντίνης που χαρακτηρίζονται επιφανειακές (Levantine Surface Waters (LSW)) ή υποεπιφανειακές (LIW). Τις βαθύτερες περιοχές κατάλαμβάνουν νερά τα οποία έχουν δημιουργηθεί στην περιοχή και είναι ιδιαίτερα πυκνά (DW), με τις υδάτινες μάζες κάθε υπολεκάνης να παρουσιάζουν τα δικά τους χαρακτηριστικά (Zervakis et al, 2000) (Σχήμα 6).



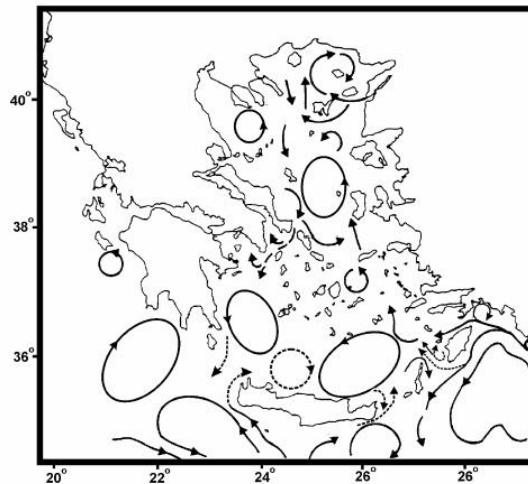
ΣΧΗΜΑ 6. Οι υδάτινες μάζες στην περιοχή του Βορείου Αιγαίου (Zervakis et al, 2002)

2.2 Επιφανειακή Κυκλοφορία θαλασσίων υδάτων του Βορείου Αιγαίου

Η γενική κυκλοφορία στο Αιγαίο, σε επίπεδο λεκάνης, χαρακτηρίζεται ως κυκλωνική⁵. Οι μηχανισμοί που επηρεάζουν την επιφανειακή κυκλοφορία του Βορείου Αιγαίου είναι αφενός μεν το ανεμολογικό καθεστώς και αφετέρου η θερμοαλατική⁶ δράση, λόγω των διαφορετικών υδάτινων μαζών που συναντώνται στη περιοχή και λόγω ατμοσφαιρικής δράσης.

Σε μια προσπάθεια εκτίμησης της επίδρασης έκαστου μηχανισμού στην τελική διαμόρφωση της κυκλοφορίας, οι Sofianos et al, 2005 πραγματοποίησαν πειράματα με την χρήση του αριθμητικού μοντέλου POM (Princeton Ocean Model). Με μόνη την επίδραση του ανέμου, η κυκλοφορία στο Αιγαίο χαρακτηρίζεται από ένα ισχυρό ρεύμα κινούμενο διαγώνια στο Κεντρικό Αιγαίο. Στην περίπτωση αυτή η κυκλοφορία στο Βόρειο Αιγαίο εμφανίζεται αντικυκλωνική, ενώ το ρεύμα κατά μήκος της Νήσου Εύβοιας «εξαφανίζεται». Αντίθετα στη περίπτωση επίδρασης μόνο της θερμοαλατικής δράσης, η κυκλοφορία του Βορείου Αιγαίου είναι κυκλωνική. Παρά το ότι και οι δύο μηχανισμοί (ανεμολογικό καθεστώς, θερμοαλατική δράση) επηρεάζουν το σύστημα, καθοριστικότερο ρόλο για το Βόρειο Αιγαίο παίζει η θερμοαλατική δράση, λόγω των έντονων βαθμίδων πυκνότητας.

Τα ανεμολογικά πεδία, η τοπογραφία και η παρουσία νησιών έχουν ως αποτέλεσμα η μέσης κλίμακας κυκλοφορία να είναι ιδιαίτερα περίπλοκη και να δημιουργούνται σχηματισμοί μεγέθους μερικών ακτίων Rossby⁷ (0 έως 10km) (Σχήμα 7). Η γνώση περί την χωροχρονική μεταβλητότητα των σχηματισμών αυτών είναι περιορισμένη. Έτσι, υπάρχουν σχηματισμοί που είναι μόνιμοι (αντικυκλώνας της Σαμοθράκης) και άλλοι, οι οποίοι εμφανίζονται μόνο εποχιακά, όπως ο αντικυκλώνας του Άθω (εμφανίζεται τους χειμερινούς μήνες με άγνωστη περίοδο) (Georgoroulos, 2001).



ΣΧΗΜΑ 7. Σημαντικότεροι σχηματισμοί επιφανειακής κυκλοφορίας του Αιγαίου (Lykousis et al, 2002)

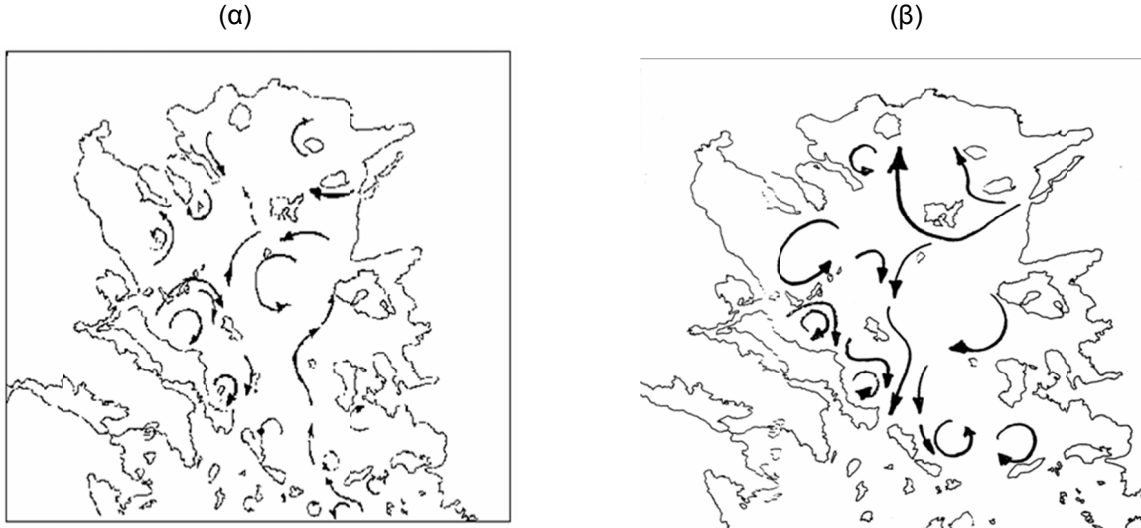
Τα νερά της Μαύρης Θάλασσας έχουν σημαντικά μικρότερη πυκνότητα από τα νερά που υπάρχουν στο Αιγαίο. Συνεπώς τα εν λόγω νερά κινούνται επιφανειακά, πάνω από τις υπόλοι-

⁵ Κυκλωνική: Είναι η κλειστή περιστροφική ροή με κατεύθυνση αντίθετη της φοράς των δεικτών του ρολογιού.

⁶ Θερμοαλατική δράση: Αφορά στη κυκλοφορία των θαλασσιών υδάτινων μαζών λόγω διαφοράς πυκνότητας (μεταβολή θερμοκρασίας ή μεταβολή αλατότητας).

⁷ Κύματα Rossby: Καλούνται και πλανητικά κύματα. Είναι κύματα μεγάλης κλίμακας τα οποία οφείλονται στη μεταβολή της δυνάμεως Coriolis με το γεωγραφικό πλάτος.

πες υδάτινες μάζες, και με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα πλούμιο⁸ που είναι παρόμοιο με αυτό που παρατηρείται σε περιπτώσεις μεγάλων ποταμών. Η εξάπλωση των υφάλμυρων νερών της Μαύρης Θάλασσας έχει αποτελέσει πεδίο μελέτης διαφόρων ερευνητών (Zodiatis, 1994; Georgoroulos, 2001; Zervakis et al, 2002; Nittis et al, 2002). Έχει παρατηρηθεί ότι η εν λόγω εξάπλωση μεταβάλλεται αναλόγως την εποχή. Στις ψυχρές περιόδους, τα νερά που εισέρχονται είναι υψηλής αλατότητας και μικρής ποσότητας. Η υδάτινη μάζα κινείται δυτικά, κατά μήκος των βορείων ακτών της Λήμνου και έπειτα διακλαδίζεται βόρεια και νότια. (Σχήμα 8).



ΣΧΗΜΑ 8. Κύριοι σχηματισμοί επιφανειακής κυκλοφορίας για τις περιόδους (α) Αύγουστος 1987 και (β) Μάρτιος 1987 (Georgoroulos, 2001)

Φλέβες του βορείου κλάδου συχνά παγιδεύονται στον αντικυκλώνα της Σαμοθράκης, ο οποίος περιβάλλει το ομώνυμο νησί, όπου και τροποποιούνται σημαντικά. Αντίθετα κατά τις θερμές περιόδους τα υφάλμυρα νερά κινούνται νότια - νοτιοδυτικά της νήσου Λήμνου. Κατά περιόδους το ρεύμα διακλαδίζεται, με τον ένα κλάδο να ακολουθεί την προηγούμενη πορεία (νότια – νοτιοδυτικά) και τον άλλο κλάδο να κινείται βορειοδυτικά της νήσου Λήμνου. Ύστερα από μια περίπλοκη διαδρομή, τα νερά της Μαύρης Θάλασσας εξέρχονται από το Βόρειο Αιγαίο, μέσω των βορειοδυτικών διόδων του πλατώ των Κυκλάδων (Zodiatis, 1994).

Κατά την έξοδό τους από τα Δαρδανέλια, τα νερά της Μαύρης Θάλασσας συναντώνται επίσης με τα αλμυρά νερά της Λεβαντίνης. Έτσι δημιουργείται, στο νότιο τμήμα του πλουμίου τους, ένα ισχυρό θερμοαλατικό μέτωπο, το οποίο συνήθως εντοπίζεται τους καλοκαιρινούς μήνες στα νότια της νήσου Λήμνου και τους χειμερινούς στα βόρεια. Το μόνιμο αυτό μέτωπο μετακινείται ανάλογα με τους επικρατούντες ανέμους και την παροχή των Δαρδανελίων. Υφίστανται και δευτερεύοντα, μη μόνιμα, μέτωπα, η δημιουργία των οποίων οφείλεται στο ανεμολογικό καθεστώς. Στο μέτωπο δημιουργούνται ιδιαίτερες συνθήκες, λόγω της ασυνέχειας T – S (θερμοκρασίας – αλατότητας), με αποτέλεσμα στα ενδιάμεσα νερά κατά μήκος του μετώπου να παρουσιάζονται αναστροφές και παρεισφρήσεις (Vlasenko et al, 1996).

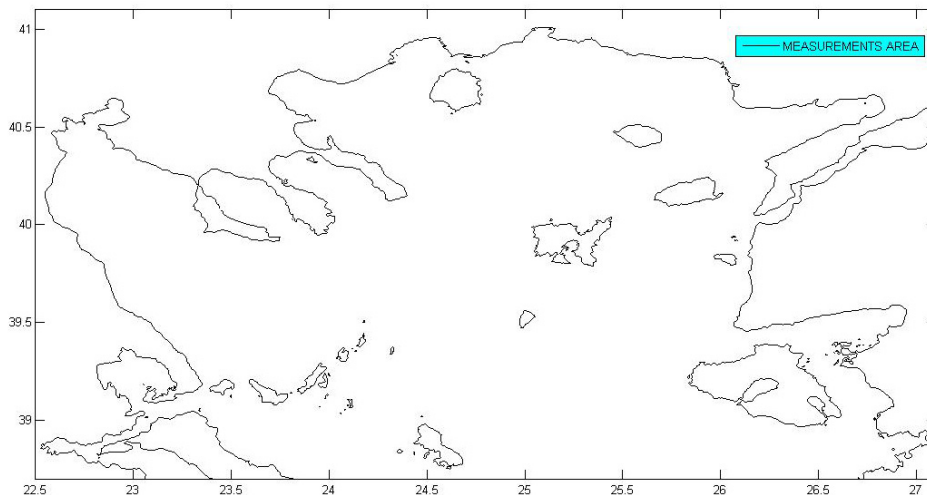
Ένα δεύτερο μέτωπο δημιουργείται μεταξύ των νερών που βρίσκονται στο πλατώ της Σαμοθράκης και των νερών στη λεκάνη των Άθω – Λήμνου. Κάτω από κατάλληλες συνθήκες το μέτωπο «σπάει» και ένας αντικυκλώνας δημιουργείται στην περιοχή του Άθω, μεταφέροντας νερό από το πλατώ προς τα νότια, ενώ νερό μεγαλύτερης αλατότητας κινείται προς τα βόρεια στη περιοχή δυτικά νήσου Λήμνου, δημιουργώντας συχνά ένα μανιταροειδή σχηματισμό (Georgoroulos, 2001).

⁸ Πλούμιο: Στην υδροδυναμική πλούμιο καλείται η στήλη ενός ρευστού που κινείται διαμέσου άλλου ρευστού. Στην περίπτωση μας, το πλούμιο σχηματίζεται από νερό διαφορετικής πυκνότητας.

III. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 Περιοχή Εφαρμογής Μοντέλου - Μετρήσεις και Σημεία Υπολογισμών

Οι υπολογισμοί, που εκτελέστηκαν κατά την εφαρμογή του κατασκευασθέντος μοντέλου Έρευνας – Διάσωσης, αφορούν στην εξαγωγή αποτελεσμάτων για την απόσταση που διέσχισε ο παρασυρόμενος ναυαγός καθώς και για τις εκτιμώμενες θέσεις που δύναται να βρίσκεται συναρτήσει του χρονικού διαστήματος που μεσολαβεί από την πτώση του στη θάλασσα (συνεπώς προσδιορίζεται έμμεσα η εκτιμώμενη περιοχή ερεύνης). Η περιοχή που επιλέχθηκε προκειμένου να εκτελεστούν οι εκάστοτε υπολογισμοί είναι η λεκάνη του Βορείου Αιγαίου και συγκεκριμένα η περιοχή που περικλείεται από τις ακόλουθες συντεταγμένες: Γεωγραφικό Πλάτος 38.7° - 41.1° N (Βόρειο) και Γεωγραφικό Μήκος 22.5° – 27.1° E (Ανατολικό). Η εν λόγω περιοχή περιλαμβάνει το τμήμα του Αιγαίου που βρίσκεται βορείως νήσου Χίου. Η εσχάρα έχει διακριθεί σε 190 σημεία (ανά 0.25°) από τα οποία 90 ευρίσκονται εντός θαλασσιού χώρου. Συνεπώς τα σημεία υπολογισμού είναι συνολικά 90 και απέχουν μεταξύ τους κατά 0.25° τόσο κατά τον άξονα των παραλλήλων όσο και κατά τον άξονα των μεσημβρινών. Στο σχήμα 9 απεικονίζεται η υπόψη περιοχή.

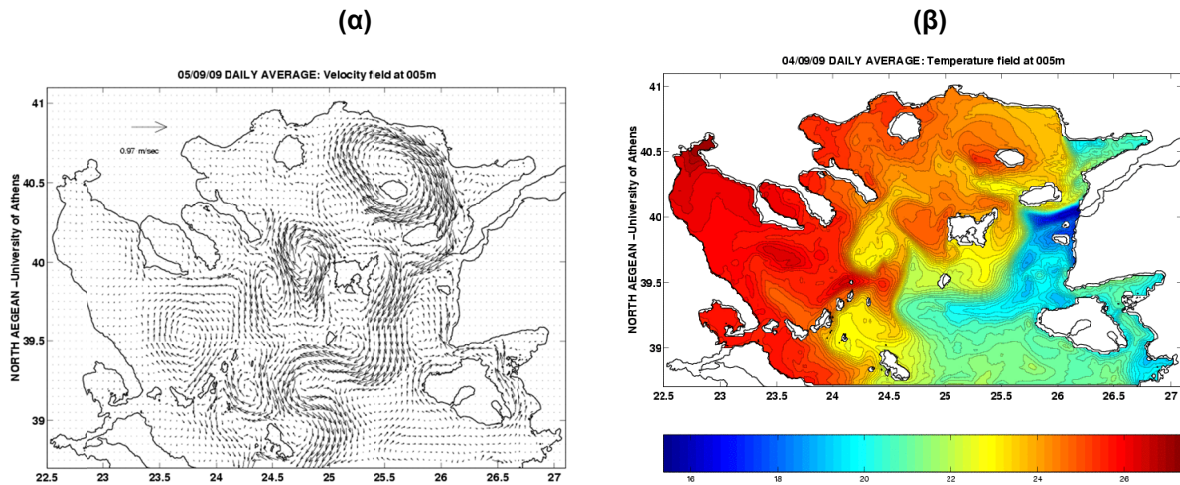


ΣΧΗΜΑ 9. Η περιοχή εφαρμογής του εργαλείου μετρήσεων

3.2 Προέλευση – Χαρακτηριστικά Δεδομένων

Για τη περιοχή του Βορείου Αιγαίου, το εργαστήριο Φυσικής Ωκεανογραφίας του ΕΚΠΑ έχει αναπτύξει επιχειρησιακό μοντέλο πρόγνωσης της κυκλοφορίας το οποίο έχει οριζόντια διακριτοποίηση $1/60^{\circ}$ και είναι ένθετο στο σύστημα πρόγνωσης ALERMO από όπου προέρχονται οι οριακές συνθήκες, ενώ επίσης δέχεται ατμοσφαιρική δράση από το ατμοσφαιρικό σύστημα SKIRON $1^{\circ}/10$ (Σχήματα 10 και 11). Από το εν λόγω μοντέλο προέρχονται τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προκειμένου να εκτελεστούν οι διάφοροι υπολογισμοί. Τα δεδομένα αυτά αφορούν σε (α) πεδία επιφανειακών ταχυτήτων U,V (δηλαδή ταχυτήτων κατά τον άξονα των μεσημβρινών και παραλλήλων αντίστοιχα) και (β) θερμοκρασία θαλάσσης T ($^{\circ}$ C). Το χρονικό διάστημα στο οποίο αναφέρονται οι υπολογισμοί καλύπτει τη διάρκεια ενός έτους. Συγκεκριμένα εκτείνεται από τον Αύγουστο 2008 (08/2008) μέχρι τον Ιούλιο 2009

(07/2009). Για την εκτέλεση των υπολογισμών επιλέχτηκε η 15η μέρα εκάστου μήνα προκειμένου να αποφευχθούν οριακές τιμές-καταστάσεις και να υφίσταται γενικά μια μέση κατάσταση.



ΣΧΗΜΑ 10. (α) Πεδίο επιφανειακών ταχυτήτων, (β) Πεδίο θερμοκρασίας σε βάθος 5 μέτρων από το επιχειρησιακό μοντέλο του Βορείου Αιγαίου (<http://www.oc.phys.uoa.gr/oceanf.html>)

3.3 Εισαγωγή Μοντέλου

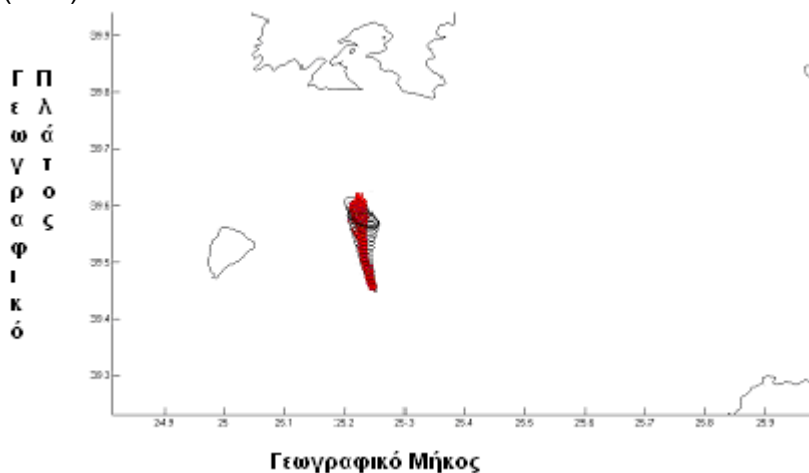
Για τη μελέτη των δομών της επιφανειακής κυκλοφορίας της θάλασσας και των εποχιακών διακυμάνσεών τους προκειμένου να είναι δυνατή η οριοθέτηση περιοχών έρευνας κατασκευάστηκε μοντέλο έρευνας – διάσωσης, το οποίο συζεύχθηκε με το εν λόγω σύστημα πρόγνωσης της θαλάσσιας κυκλοφορίας, λαμβάνοντας τα αναφερόμενα στην ενότητα 3.2 δεδομένα. Χρησιμοποιώντας τη θεωρία του τυχαίου σφάλματος (συγκεκριμένης στατιστικής κατανομής) αποφεύγεται η υποεκτίμηση των διαστάσεων της περιοχής έρευνας – διάσωσης (Hackett et al, 2006). Έτσι, όσον αφορά στον υπολογισμό των διαφόρων μεγεθών, η αβεβαιότητα των δεδομένων (ακολουθεί standard deviation) εισάγεται με την χρησιμοποίηση μιας Gaussian κατανομής του σφάλματος στο πεδίο των ταχυτήτων.

3.4 Τα Προγράμματα του Μοντέλου

Προκειμένου να εκτελεστούν οι απαραίτητοι υπολογισμοί αναπτύχθηκε μια σειρά προγραμμάτων σε κώδικα MATLAB που περιγράφονται περιληπτικά ως ακολούθως:

- α. Πρόγραμμα **SAR** (Search and Rescue): Αποτελεί το βασικό πρόγραμμα που χρησιμοποιεί τα δεδομένα U,V (δηλαδή τις επιφανειακές ταχύτητες υδάτων) επιτρέποντας στο χρήστη να τοποθετήσει τις συντεταγμένες της εκτιμώμενης θέσης της πτώσης του ανθρώπου στη θάλασσα και τον χρόνο στον οποίο επιθυμεί ο χρήστης να υπολογιστεί η τελευταία θέση του ναυαγού. Υφίσταται η δυνατότητα να τοποθετηθεί χειροκίνητα τιμή αβεβαιότητας όσον αφορά το χώρο (σε μοίρες) και το χρόνο (σε ώρες). Τα αποτελέσματα υποτυπώνονται σε γραφική απεικόνιση με τη βοήθεια του προγράμματος SAR_PLOT. Τα κόκκινα στίγματα είναι οι πιθανές θέσεις του παρασυρόμενου αντικειμένου που περικλείονται από τις αντίστοιχες ελλείψεις. Στο Σχήμα 11 απεικονίζεται παράδειγμα εφαρμογής του προγράμματος σε αρχική θέση πτώσης ανθρώπου στη θάλασσα με συντεταγμένες 39.45°N – 25.25°E.

- β. Πρόγραμμα **COMPUTE**: Τα ανωτέρω αποτελέσματα λαμβάνονται στη συνέχεια ως αρχικά στοιχεία από το πρόγραμμα COMPUTE όπου υπολογίζονται τα στοιχεία της **συνολικής απόστασης** που διένυσε ο ναυαγός στο δεδομένο χρόνο (t_{dist}), της **απόστασης μεταξύ αρχικής και τελικής θέσης** ($dist$), της **διασποράς των εκτιμώμενων θέσεων του** κατά τη διάρκεια της διαδρομής του ($diasp$) και τέλος της **τελικής διασποράς** όσον αφορά **το σύνολο των εκτιμώμενων θέσεων του στην τελική θέση** ($teldiasp$). Το πρόγραμμα στη πρώτη περίπτωση υπολογίζει βηματιστικά την συνολική απόσταση της διαδρομής από την αρχική θέση μέχρι την εκάστοτε επόμενη (σε km). Στη δεύτερη περίπτωση υπολογίζεται η απόσταση μεταξύ της αρχικής θέσης (σημείο πτώσης) του ναυαγού και της τελικής θέσης του μετά το πέρας των 24 ωρών (σε km). Στη τρίτη περίπτωση υπολογίζεται το εμβαδόν της έλλειψης που δημιουργείται από τη διασπορά των πιθανών θέσεων του ναυαγού (σε km^2). Τέλος, στην τέταρτη περίπτωση υπολογίζεται το εμβαδόν της έλλειψης που περικλείει το σύνολο των εκτιμώμενων θέσεων του ναυαγού την τελευταία ώρα (24η ώρα) (σε km^2). Συνήθως η εκάστοτε τελική διασπορά καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την περιοχή ερεύνης που θα εγκαθιδρυθεί σε μια επιχείρηση έρευνας - διάσωσης.
- γ. Πρόγραμμα **PLOTARO** : Επιτυγχάνεται η γραφική απεικόνιση των μετρήσεων για έκαστο αιτηθέν μέγεθος και δίνονται πληροφορίες όσον αφορά στη τιμή του σε όλη την εξεταζόμενη περιοχή.
- δ. Προγράμματα **MTDIST**, **MDIST**, **MDIASP** και **MTELDIASP**: Υπολογίζονται οι μέσες ετήσιες τιμές των αποτελεσμάτων (που προέρχονται από το πρόγραμμα COMPUTE) και ο ετήσιος κύκλος και διακύμανση των τιμών αυτών.
- ε. Πρόγραμμα **UVT** : Παρέχει την γραφική απεικόνιση τόσο του πεδίου επιφανειακής θερμοκρασίας στη περιοχή του Βορείου Αιγαίου, όσο και του πεδίου των επιφανειακών ταχυτήτων στην προαναφερόμενη περιοχή για το εκάστοτε χρονικό διάστημα.
- στ. Πρόγραμμα **TEMLIFE**: Υπολογίζεται ο χρόνος επιβίωσης του ναυαγού στη θάλασσα ανάλογα με τη περιοχή όπου ευρίσκεται, εισάγοντας τα δεδομένα της θερμοκρασίας θαλάσσης (T °C).



ΣΧΗΜΑ 11. Γραφική απεικόνιση αποτελεσμάτων SAR στη θέση $39.45^{\circ}N - 25.25^{\circ}E$

3.5 Περιορισμοί – Παραδοχές

Λαμβάνοντας υπόψη την ιδιαίτερη γεωμορφολογία του Βορείου Αιγαίου επιλέχθηκε απόσταση μεταξύ των σημείων μετρήσεως 0.25° . Η συγκεκριμένη επιλογή εκτιμάται ότι αφενός μεν καλύπτει ικανοποιητικά την προαναφερόμενη περιοχή και αφετέρου επιτρέπει την καλύτερη αξιοποίηση των γραφικών αποτελεσμάτων λόγω μη αυξημένης συγκέντρωσης και υπερκάλυ-

πης αυτών. Έκαστο εκ των 90 σημείων, που επιλέχθηκαν για να εκτελεστούν οι υπολογισμοί, αποτελεί μια αρχική θέση πτώσης ανθρώπου στη θάλασσα.

Στο κατασκευασθέν μοντέλο λαμβάνεται υπόψη μόνο η επίδραση των ταχυτήτων του θαλάσσιου επιφανειακού στρώματος. Για το λόγο αυτό, τόσο οι υπολογισμοί, όσο και τα αποτελέσματα, αφορούν μόνο παρασυρόμενο ναυαγό και όχι παρασυρόμενο αντικείμενο το οποίο επιδεικνύει επιφάνεια δυνατού μεγέθους πάνω από την μέση επιφάνεια της θαλάσσης. Πιο συγκεκριμένα, η επιλογή μη εκμετάλλευσης του ανεμολογικού καθεστώτος συνεπάγεται ότι δεν υφίστανται προϋποθέσεις υπολογισμού κινήσεως του παρασυρθέντος αντικείμενου λόγω επιδράσεως leeway και έγινε βάσει της υπόθεσης μη επίδρασης leeway στην παρασυρόμενη κίνηση του ανθρώπου εντός της θάλασσας, όταν αυτός βρίσκεται σε κατακόρυφη θέση. Ο ανωτέρω περιορισμός αφορά και στην εκμετάλλευση των δεδομένων κυματισμού, αφού μόνο αντικείμενα επιπέδου πλοίου επηρεάζονται από κυματισμό (Allen et al, 1999).

Η επιλογή της 15ης μέρας έκαστου μήνα ανταποκρίνεται στην ανάγκη αποφυγής οριακών καταστάσεων και εξασφάλισης μιας μέσης κατάστασης. Η επιλογή του χρονικού διαστήματος των 24 ωρών για την εκτέλεση έκαστης μέτρησης επιλέχθηκε με βάση την συνήθη διαδικασία που ακολουθείται σε περιπτώσεις εφαρμογής σχεδίου θαλάσσιας Έρευνας – Διάσωσης για ναυαγούς που εμπειριστατωμένα ευρίσκονται μέσα στη θάλασσα. Το πρώτο 24ωρο είναι πάντα το πιο κρίσιμο διότι θεωρείται ότι περί το 90% των περιπτώσεων ανθρώπου στη θάλασσα δεν έχουν ελπίδα επιβίωσης πέραν αυτού του χρονικού διαστήματος (U.S SAR Manual; Australian National SAR Manual). Για τον υπολογισμό του μέγιστου χρόνου επιβίωσης στη θάλασσα, επιλέχθηκε το διάγραμμα του U.S SAR Manual που αφορά στην χειρότερη κατηγορία ανθρώπινου σώματος όσον αφορά στη δυνατότητα διατηρήσεως θερμοκρασίας ενώ το ανθρώπινο σώμα βρίσκεται εντός θαλάσσης.

IV. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ – ΕΙΔΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

4.1 Γενικά

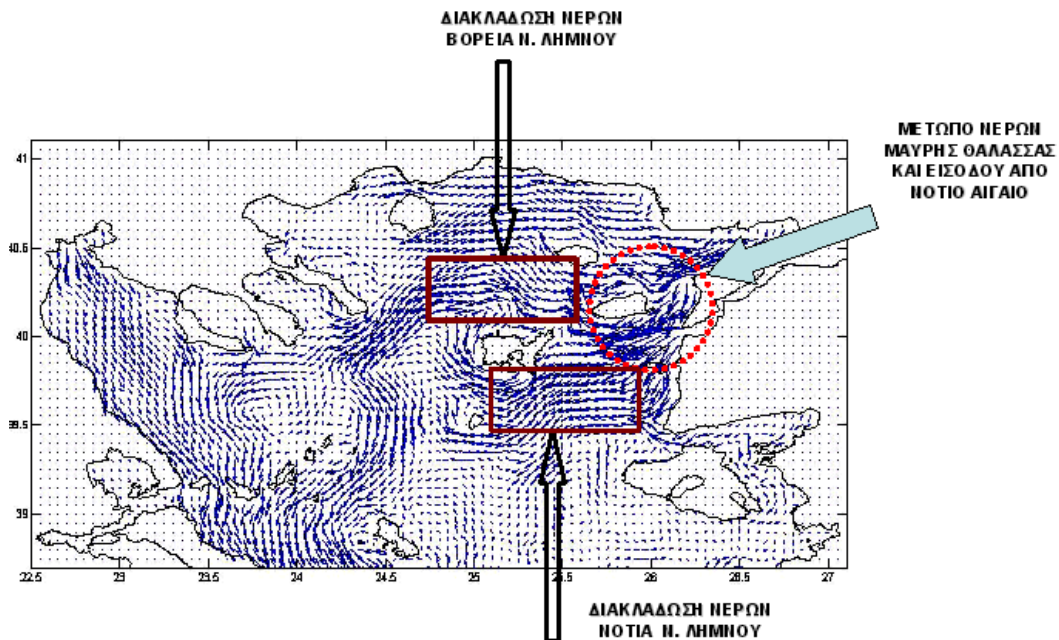
Κατά την εφαρμογή του μοντέλου, πραγματοποιήθηκαν ενενήντα μετρήσεις ανά μήνα (15η μέρα κάθε μήνα) και ανά μέγεθος επί ένα χρόνο (συνολικά 4.320 μετρήσεις), προκειμένου τα εξαχθέντα στοιχεία να ελεγχθούν τόσο σε μηνιαία βάση, όσο και σε ετήσια (μέση τιμή, ετήσιοι κύκλοι, ετήσιες διακυμάνσεις) και να ερμηνευθούν συναρτήσει των φυσικών διεργασιών (χαρακτηριστικά υδάτινων μαζών, δυναμική της λεκάνης) που συμβαίνουν στην συγκεκριμένη περιοχή. Έτσι, κατόπιν μελέτης των αποτελεσμάτων για έκαστο μήνα και την μεταξύ τους συσχέτιση, προκύπτουν ο ετήσιος κύκλος και η ετήσια διακύμανση των προς μέτρηση μεγεθών (συνολικής απόστασης, απόστασης, διασποράς και τελικής διασποράς). Τα στοιχεία αυτά είναι αναγκαία για την ανάπτυξη και εκμετάλλευση γενικών «κανόνων» που θα ισχύουν, στην συγκεκριμένη περιοχή, σε περίπτωση επιχείρησης Έρευνας – Διάσωσης. Στην ενότητα 4.2, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα κατά την εφαρμογή του μοντέλου για τον μήνα Φεβρουάριο (15η Φεβρουαρίου) με ενδεικτικές εικόνες και την αντίστοιχη ερμηνεία τους.

4.2 Αποτελέσματα Εφαρμογής Μοντέλου για τον Μήνα Φεβρουάριο

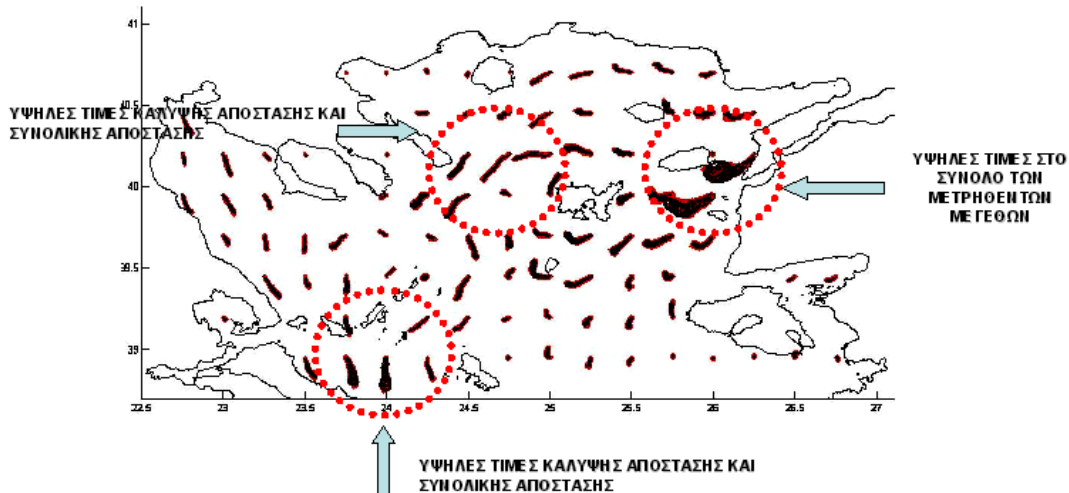
Παρατηρώντας το σχήμα 12, είναι φανερό πως στη παρούσα χρονική περίοδο φαίνεται μια «στροφή» των πεδίων των ταχυτήτων προς τα δυτικά – νοτιοδυτικά που με τη σειρά τους επηρεάζουν τις τροχιές που ακολουθεί ένα παρασυρόμενο αντικείμενο (άνθρωπος). Η εισροή των

νερών της Μαύρης Θάλασσας, η οποία δημιουργεί μέτωπο με την υδάτινη μάζα που προέρχεται από νότια και εισέρχεται στο Βόρειο Αιγαίο διαμέσου των ακτογραμμών της Μικράς Ασίας έχει πιο τυπικά χαρακτηριστικά για την περίοδο παρατήρησης. Εν συνεχεία, διακλαδίζεται ανατολικά ν. Λήμνου ακολουθώντας δυτικές πορείες βόρεια και νότια της εν λόγω νήσου.

Το μοντέλο αντίστοιχα με το πεδίο των επιφανειακών ταχυτήτων «παράγει» το σχήμα 13 όπου απεικονίζονται γραφικά οι τροχιές ενός παρασυρόμενου αντικειμένου (ενός ανθρώπου στη προκειμένη περίπτωση). Είναι φανερές οι περιοχές όπου εμφανίζονται υψηλές τιμές των υπολογισθέντων μεγεθών.

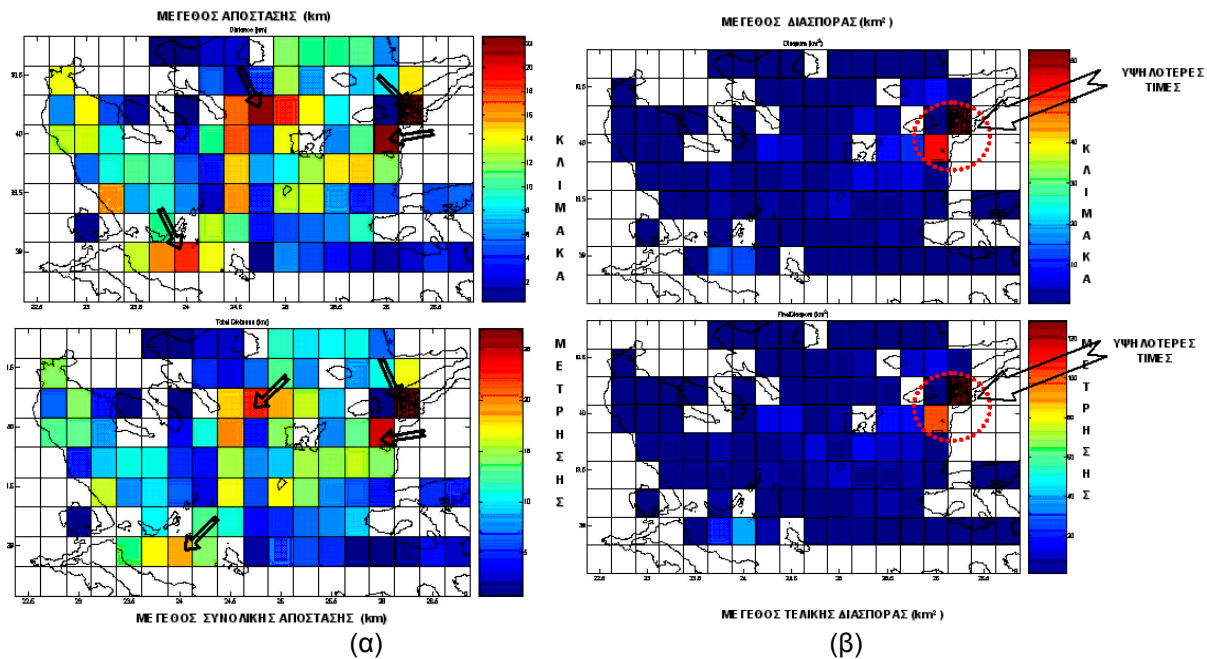


ΣΧΗΜΑ 12. Πεδίο Επιφανειακών Ταχυτήτων την 15η Φεβρουαρίου

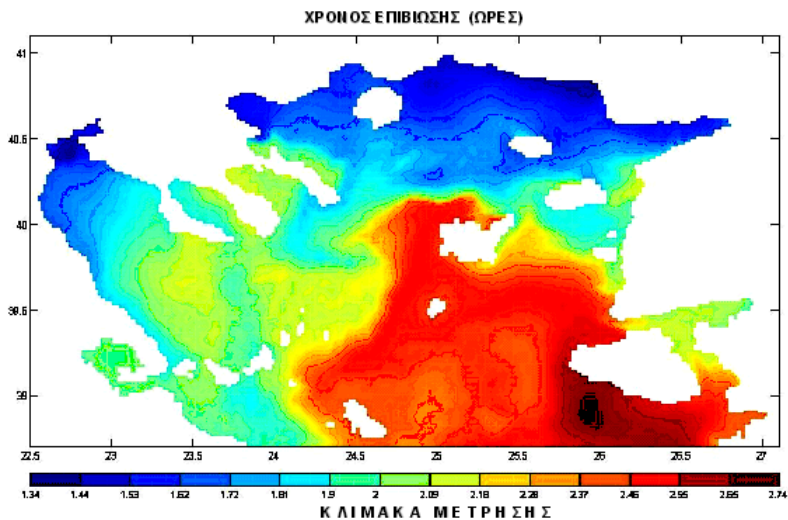


ΣΧΗΜΑ 13. Γραφική Απεικόνιση Τροχιών με Εφαρμογή Προγράμματος SAR την 15η Φεβρουαρίου

Το μοντέλο, εν συνεχεία, κάνοντας χρήση χρωμάτων και αντίστοιχης κλίμακας για διευκόλυνση του χρήστη, παρέχει γραφικά τις τιμές των στοιχείων (απόσταση, συνολική απόσταση, διασπορά, τελική διασπορά θέσεων, χρόνος επιβίωσης στη θάλασσα) για την εν λόγω περιοχή, όπως φαίνονται στα σχήματα 14 και 15.



ΣΧΗΜΑ 14. Γραφική Απεικόνιση Μεγεθών (α) Απόστασης και Συνολικής Απόστασης, (β) Διασποράς και Τελικής Διασποράς, για την 15η Φεβρουαρίου.



ΣΧΗΜΑ 15. Γραφική Απεικόνιση Χρόνου Επιβίωσης στη Θάλασσα την 15η Φεβρουαρίου

Από το σχήμα 14(α) γίνεται φανερό ότι εμφανίζεται παρόμοια κατανομή τιμών στα μεγέθη της απόστασης και της συνολικής απόστασης, παρουσιάζοντας μέγιστα στην είσοδο των στενών των Δαρδανελίων, βορειότερα αυτών, βορειοδυτικά ν. Λήμνου και δυτικά ν. Σκύρου. Επίσης εμφανίζονται υψηλές τιμές ανατολικά και νοτιοανατολικά της χερσονήσου του Άθω (οι υψηλές τιμές επιδεικνύονται με μαύρα βέλη). Από το διάγραμμα των επιφανειακών ταχυτήτων (σχήμα 13) δικαιολογούνται πλήρως οι μεγάλες τιμές στον Άθω, βορειοδυτικά ν. Λήμνου και δυτικά ν. Σκύρου αφού οφείλονται στις υψηλές ταχύτητες που χαρακτηρίζουν την υδάτινη μάζα κατά την πορεία της προς τα δυτικά. Αντίθετα, στην είσοδο των στενών, δεν είναι η ποσότητα εισροής αυτή που δίνει τα μέγιστα αλλά η σύγκλιση δύο υδάτινων μαζών (Μαύρης Θάλασσας και Νοτίου

Αιγαίου) που δημιουργεί ένα ισχυρό μέτωπο με έντονες βαθμίδες πυκνότητας, οι οποίες δημιουργούν ισχυρές δυτικές ταχύτητες.

Στο σχήμα 14(β), όπου επίσης εμφανίζεται παρόμοια κατανομή τιμών στα μεγέθη της διασποράς και τελικής διασποράς, παρουσιάζεται γενικά μια σταθερότητα με τιμές που δεν ξεπερνούν τα 15km². Τα μέγιστα, που και στις δύο περιπτώσεις παρουσιάζονται στις περιοχές των στενών των Δαρδανελίων, οφείλονται στη σύγκλιση των υφάλμυρων νερών της Μαύρης Θάλασσας με τα νερά που προέρχονται από τα νότια και στο ισχυρό μέτωπο που δημιουργείται. Έτσι η τελική διασπορά φτάνει σε πολύ υψηλές τιμές, της τάξεως των 120 km², ενώ η διασπορά σε τιμές που αγγίζουν τα 65 km².

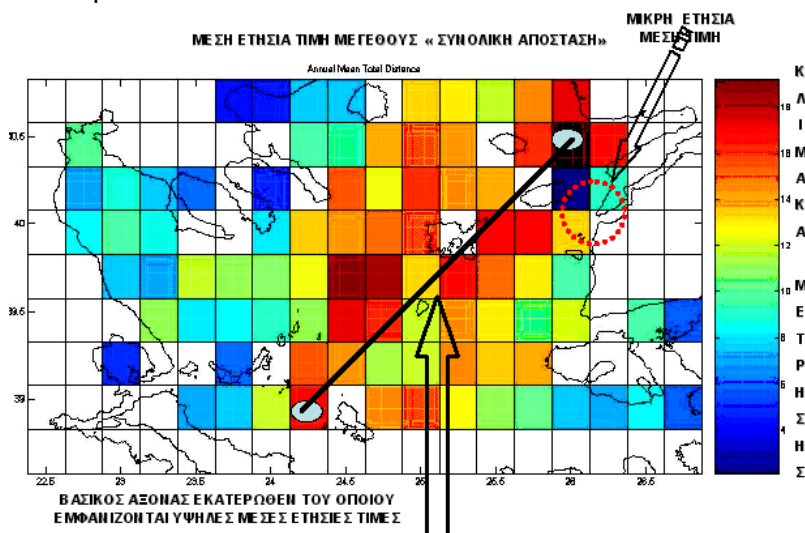
Στο πεδίο των επιφανειακών θερμοκρασιών, η μέγιστη θερμοκρασία δεν ξεπερνά τους 15.46°C. Επίσης, οι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή συνεχίζουν να επηρεάζουν την θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας. Έτσι, η βάρθρωση που παρουσιάζει η επιφανειακή θερμοκρασία κατά τον άξονα Βορράς – Νότος, κατά τους χειμερινούς μήνες, αρχίζει να γίνεται πιο έντονη. Λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω θερμοκρασίες, προκύπτει το σχήμα 15 όπου ο μέγιστος χρόνος επιβίωσης ενός ανθρώπου στη θάλασσα (υπό τις δυσμενέστερες συνθήκες) για την περίοδο αυτή δεν ξεπερνάει τις 2.74 ώρες. Σημειώνεται ότι είναι περίπου μισή ώρα λιγότερη από τον χρόνο που αφορούσε τον μήνα Ιανουάριο.

4.3 Αποτελέσματα Εφαρμογής Μοντέλου σε Ετήσια Βάση

Το μοντέλο, αφού εκτελεστεί η ανωτέρω ανάλυση για κάθε μήνα του έτους, υπολογίζει τη μέση ετήσια τιμή, τον ετήσιο κύκλο της μέσης και της μέγιστης τιμής κάθε μεγέθους και τέλος την ετήσια διακύμανση που το κάθε μέγεθος παρουσιάζει αναλόγως εποχής.

4.3.1 Μέση Ετήσια Τιμή, Ετήσιοι Κύκλοι και Ετήσια Διακύμανση των Μεγεθών «Απόσταση» και «Συνολική Απόσταση» - Ειδικά Συμπεράσματα

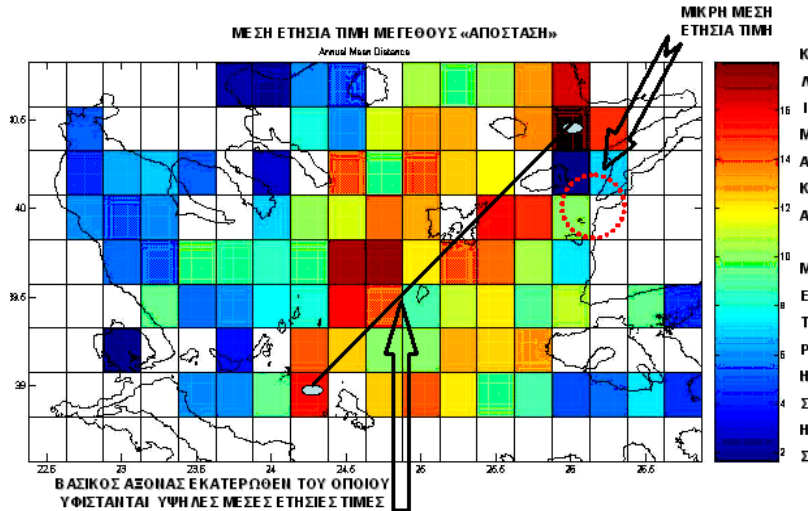
Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του μοντέλου (σχήματα 16 και 17), τα μεγέθη της «Απόστασης» και της «Συνολικής Απόστασης» παρουσιάζουν πανομοιότυπη κατανομή σε, ετήσιας βάσης, αποτελέσματα.



ΣΧΗΜΑ 16. Μέση Ετήσια Τιμή Μεγέθους «Συνολική Απόσταση»

Συγκεκριμένα, παρατηρείται ένας βασικός άξονας εκατέρωθεν του οποίου (ανατολικά και δυτικά) παρουσιάζονται οι υψηλές μέσες ετήσιες τιμές των δύο μεγεθών. Ο άξονας αυτός

άρχεται περίξ της θέσεως με στίγμα 38.95N – 24.25E (νοτιοδυτικό τμήμα της λεκάνης) και περατούται κατ' εκτίμηση περίξ της θέσεως με στίγμα 40.45N – 26.00E (βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης). Χωρίζει δηλαδή το Βόρειο Αιγαίο διαγώνια.



ΣΧΗΜΑ 17. Μέση Ετήσια Τιμή Μεγέθους «Απόσταση»

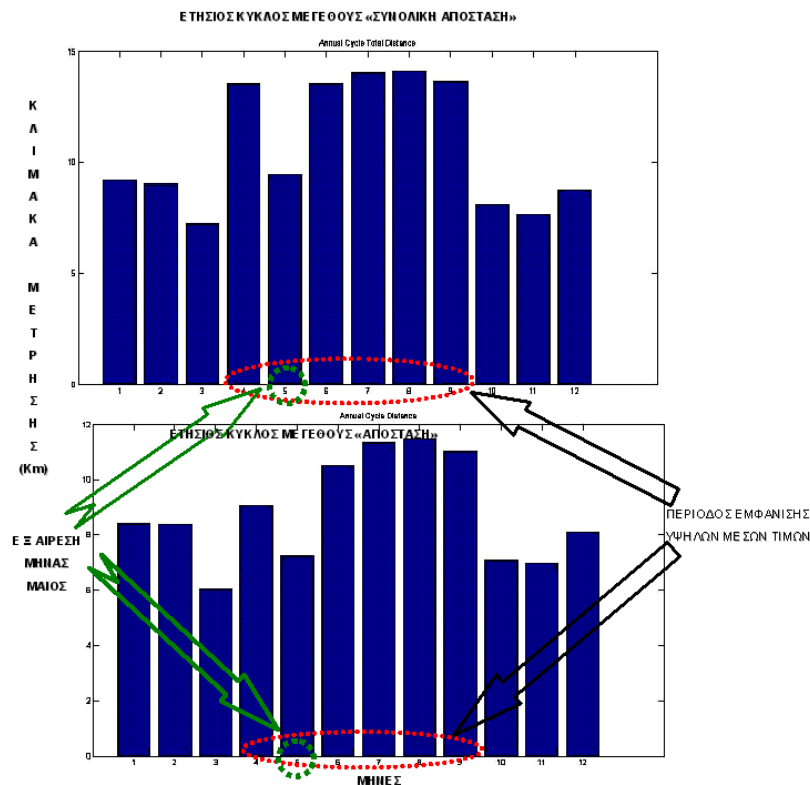
Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι, οι μέγιστες μέσες τιμές εμφανίζονται βορείως και νοτίως νήσου Σαμοθράκης, ανατολικά και νότια νήσου Λήμνου, ανατολικά της Χερσονήσου του Άθω, βορειοδυτικά και δυτικά νήσου Αγίου Ευστρατίου, βορειοδυτικά και δυτικά νήσου Σκύρου. Αντίθετα οι ελάχιστες μέσες τιμές παρουσιάζονται κοντά στις ακτές, σε κόλπους καθώς και ανάμεσα σε συμπλέγματα νησιών(π.χ νήσοι Βόρειοι Σποράδες).

Οι μέγιστες τιμές του μεγέθους «Συνολική Απόσταση» εμφανίζονται στη περιοχή του μόνιμου αντικυκλώνα της Σαμοθράκης, ο οποίος ενίοτε (ψυχρές περίοδοι) ενισχύεται από φλέβες του βορείου κλάδου της μάζας των υφάλμυρων νερών της Μαύρης Θάλασσας που εξέρχονται από το στενό των Δαρδανελίων. Τα μέγιστα που παρατηρούνται περίξ της νήσου Λήμνου επεξηγούνται επίσης από την κίνηση των νερών της Μαύρης Θάλασσας που στις χειμερινές περιόδους κινούνται βόρεια ν. Λήμνου με δυτικές πορείες και μετέπειτα διακλαδίζονται ενώ αντίθετα τις θερινές περιόδους κινούνται νότια - νοτιοδυτικά ν.Λήμνου και μετά τη διακλάδωσή τους ο ένας κλάδος ακολουθεί βόρειες πορείες περνώντας βορειοδυτικά της εν λόγω νήσου. Τα μέγιστα που παρατηρούνται δυτικά της ν. Αγ. Ευστρατίου οφείλονται στον έτερο κλάδο της θαλάσσιας μάζας που εξέρχεται από τα Δαρδανέλια και κινείται με νότιες πορείες μετά την διακλάδωση της στη περιοχή της ν.Λήμνου. Το μέγιστο που παρουσιάζεται δυτικά ν. Σκύρου αποτελεί σχετικά συνέχεια της νότιας κίνησης των νερών της Μαύρης Θάλασσας. Το μέγιστο που παρατηρείται ανατολικά της Χερσονήσου του Άθω εκτιμάται ότι έχει τη βάση του στον εποχιακό αντικυκλώνα στην περιοχή του Άθω (χειμερινοί μήνες). Επίσης, κάποιες μεγάλες μέσες τιμές δυτικά ν. Λέσβου εξηγούνται από την γενικότερη κίνηση των υδάτων της λεκάνης με νότιες πορείες (θερινοί μήνες) και την άφιξη των νερών από το Νότιο Αιγαίο (νερά Λεβαντίνης (LSW)), με βόρειες πορείες μέσω του πλατώ των Κυκλάδων και των Μικρασιατικών ακτών (χειμερινοί μήνες). Πάντως σε γενικά πλαίσια, επαληθεύεται η ύπαρξη σχηματισμών μεγέθους μερικών ακτίνων Rossby (0-13km) λόγω της ιδιαίτερης τοπογραφίας και της παρουσίας νήσων συναρτήσεως των ανεμολογικών πεδίων (Georgoroulos,2001- Kontogiannis et al, 2003). Τα ανωτέρω επαληθεύουν τις μέγιστες τιμές του μεγέθους της «Απόστασης» που ειδικότερα αντιστοιχούν σε περιοχές όπου υφίστανται α) κινήσεις υδάτινων μαζών λόγω μόνιμων σχηματισμών β) διαδρομή (χειμερινή και θερινή) που ακολουθούν τα εισερχόμενα στη λεκάνη νερά της

Μαύρης Θάλασσας και γ) διαδρομή των υδάτινων μαζών με πορείες βόρειες – βορειοανατολικές προερχόμενες από νότια.

Εντύπωση προκαλεί το ότι δεν εμφανίζονται μεγάλες τιμές των συγκεκριμένων μεγεθών στην είσοδο των στενών των Δαρδανελίων, όπου παρουσιάζονται έντονες χωρικές και χρονικές διακυμάνσεις. Οι διακυμάνσεις αυτές δημιουργούν αβεβαιότητα ως προς την επιλογή αρχικού σημείου μετρήσεων προκειμένου οι μετρήσεις να επικεντρωθούν στην ροή εξόδου των BSW. Συνεπώς, σε μερικούς μήνες (καλοκαιρινοί μήνες), τα σημεία (κυρίως το σημείο με συντεταγμένες 39.95°N – 26.00°E) που επιλέχθηκαν είναι εκτός της βασικής ροής. Επίσης πολλές φορές, το προς έρευνα αντικείμενο απομακρύνεται γρήγορα από την περιοχή απορροής και συχνά εγκλωβίζεται σε σχηματισμούς των γύρω περιοχών. Το συνολικό αποτέλεσμα των ανωτέρω φαινομένων είναι να εμφανίζονται μικρές τιμές των εξεταζόμενων μεγεθών.

Για τις ελάχιστες τιμές του μεγέθους «Απόσταση» (distance), πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι οι τροχιές ενός παρασυρόμενου αντικείμενου στη θάλασσα χαρακτηρίζονται από στροβιλισμούς (edies) οι οποίοι δεν επιτρέπουν την αύξηση του εν λόγω μεγέθους αφού αρχική και τελική θέση διακρίνονται από ιδιαίτερη εγγύτητα. Για το λόγο αυτό, οι αντίστοιχες μέσες τιμές στην ίδια υποπεριοχή, για το μέγεθος της «Συνολικής Απόστασης», είναι μεγαλύτερες αφού σε εκείνη τη περίπτωση προστίθεται διαδοχικά η απόσταση έκαστης τροχιάς ανά ώρα.

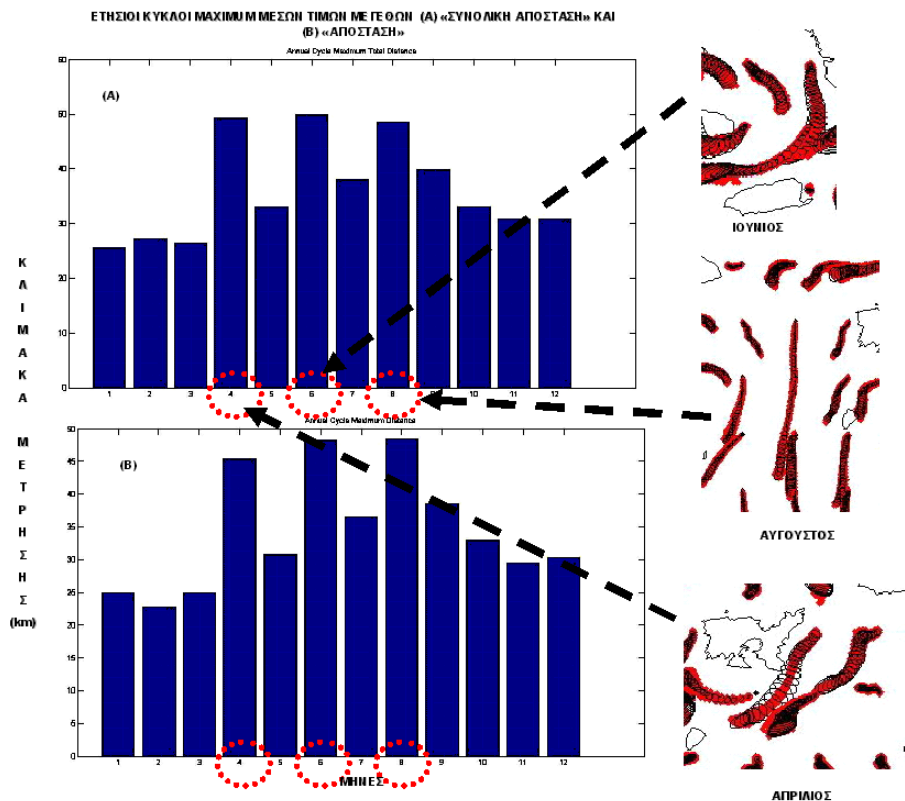


ΣΧΗΜΑ 18. Ετήσιοι Κύκλοι Μεγεθών «Συνολικής Απόστασης» και «Απόστασης»

Στο σχήμα 18 απεικονίζονται οι ετήσιοι κύκλοι των υπόψη μεγεθών που προκύπτουν από το σύνολο των μετρήσεων. Πρέπει εκ των προτέρων να ληφθεί υπόψη ότι ο καιρός είναι συνοπτικός και ως εκ τούτου αναφέρεται σε δεδομένη χρονική στιγμή (15 ημέρα έκαστου μήνα) με αποτέλεσμα να μην αντιπροσωπεύει πλήρως κάθε μήνα. Έτσι την χρονική περίοδο από Απρίλιο έως Σεπτέμβριο παρουσιάζονται σε μέση τιμή οι υψηλότερες τιμές των εν λόγω

μεγεθών, με μοναδική εξαίρεση τον μήνα Μάιο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η παροχή υδάτων της Μαύρης Θάλασσας μέσω Δαρδανελίων παρουσιάζεται κατά τη θερινή περίοδο, ήτοι από Μάιο έως Αύγουστο, οι υψηλές τιμές των μεγεθών για τους μήνες Ιούνιο, Ιούλιο και Αύγουστο επαληθεύονται άμεσα. Όσον αφορά στις μειωμένες συγκριτικά τιμές του Μαΐου, εκτιμάται ότι η μέτρηση ελήφθει σε οριακή κατάσταση και ίσως δεν ανταποκρίνεται στην γενική εικόνα που παρατηρείται τον μήνα Μάιο. Όσον αφορά στους υπόλοιπους δύο μήνες (α) το μήνα Απρίλιο για τη συγκεκριμένη ημέρα, ο αντικυκλώνας της Σαμοθράκης φαίνεται ιδιαίτερα ενισχυμένος, (β) το μήνα Σεπτέμβριο παρατηρείται (στη συγκεκριμένη μέρα), εκτός από την συνέχιση του φαινομένου εισροής στο Αιγαίο νερών της Μαύρης Θάλασσας, ενισχυμένη ροή με βόρειες πορείες υδάτινων μαζών νοτιοδυτικά ν. Σάμου. Στους υπόλοιπους μήνες το εξασθενημένο φαινόμενο της εισροής υδάτων από τη Μαύρη Θάλασσα έχει ως αποτέλεσμα τις σημαντικά μειωμένες μέσες τιμές των δύο μεγεθών.

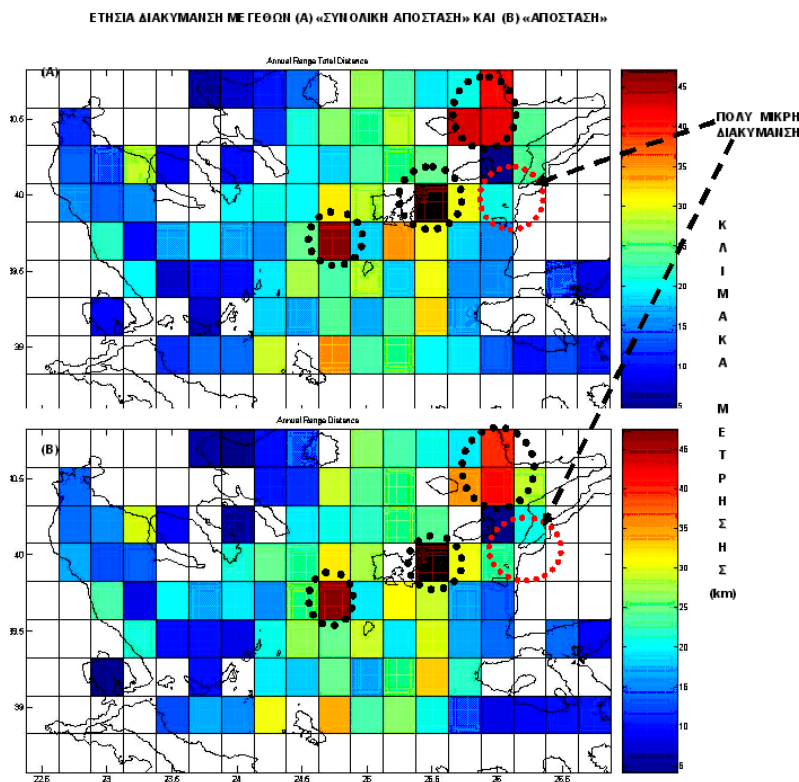
Όσον αφορά στον ετήσιο κύκλο των μέγιστων μέσων τιμών που εμφανίζουν τα δύο μεγέθη, από το σχήμα 19 γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι οι μέγιστες τιμές παρουσιάζονται τους μήνες Απρίλιο, Ιούνιο και Αύγουστο.



ΣΧΗΜΑ 19. Ετήσιοι Κύκλοι Μέγιστης Μέσης Τιμής Μεγεθών «Συνολική Απόσταση» και «Απόσταση»

Τον Απρίλιο, η μέγιστη τιμή αντιστοιχεί σε θέση ανατολικά της ν.Σαμοθράκης και οφείλεται στο μόνιμο αντικυκλώνα που υφίσταται στην εν λόγω περιοχή. Τον Ιούνιο, οι εν λόγω τιμές αντιστοιχούν σε θέση ανατολικά ν. Λήμνου, όπου υφίσταται ο άξονας κίνησης των υφάλμυρων νερών που εισρέουν από τη Μαύρη Θάλασσα. Τον Αύγουστο, η μέγιστη τιμή αντιστοιχεί σε θέση βορειοδυτικά της ν. Αγ. Ευστρατίου όπου επίσης κινείται με νότιες πορείες ο νότιος κλάδος της υδάτινης μάζας που εισρέει από τη Μαύρη Θάλασσα.

Η ετήσια διακύμανση των δύο μεγεθών είναι επίσης πανομοιότυπη (σχήμα 20). Οι μέγιστες τιμές (οριοθετούνται με μαύρους διακεκομμένους κύκλους) παρατηρούνται ανατολικά ν.Λήμνου, βορειοδυτικά ν. Αγ. Ευσταθίου, ανατολικά ν. Σαμοθράκης και δυτικά των Μικρασιατικών ακτών στο ύψος του ποταμού Έβρου. Στο σημείο ανατολικά της ν. Λήμνου η μέγιστη διακύμανση οφείλεται στην εποχική κίνηση των νερών της Μαύρης Θάλασσας όπου αφενός μεν τον χειμώνα κινούνται δυτικά κατά μήκος των βορείων ακτών της ν. Λήμνου (όπου παρουσιάζεται ελάχιστο) ενώ το καλοκαίρι κινούνται νοτια-νοτιοδυτικά της ν. Λήμνου (όπου εμφανίζονται μέγιστα τιμών). Συνέχεια του φαινομένου αυτού είναι η διακύμανση που παρουσιάζεται νοτίως ν. Λήμνου. Με τον ίδιο τρόπο επηρεάζεται και η περιοχή βορειοδυτικά ν. Αγ. Ευσταθίου όπου τα ελάχιστα συναντώνται κατά τη χειμερινή περίοδο ενώ τα μέγιστα κατά την θερινή, διότι η διακλάδωση των υδάτων της Μαύρης Θάλασσας προς τα βορειοδυτικά της ν. Λήμνου με βόρειες πορείες επηρεάζει την εν λόγω περιοχή. Οι μέγιστες διακυμάνσεις που απαντώνται ανατολικά ν. Σαμοθράκης και δυτικά των Μικρασιατικών ακτών, στο ύψος του ποταμού Έβρου, συσχετίζονται με τις διακυμάνσεις του αντικυκλώνα της Σαμοθράκης. Γνωρίζοντας τη διακύμανση που υφίσταται στην παροχή των νερών της Μαύρης θάλασσας κατά τη διάρκεια ενός έτους, προκαλεί εντύπωση η μη ύπαρξη μεγίστου διακύμανσης στην έξοδο των Στενών των Δαρδανελίων. Η εν λόγω «αστοχία» οφείλεται στη μη κάλυψη της περιοχής, ως προς την επιλογή αρχικού σημείου μετρήσεων, προκειμένου οι μετρήσεις να επικεντρωθούν στην ροή εξόδου των BSW.



ΣΧΗΜΑ 20. Ετήσια Διακύμανση Μεγεθών «Συνολική Απόσταση» και «Απόσταση»

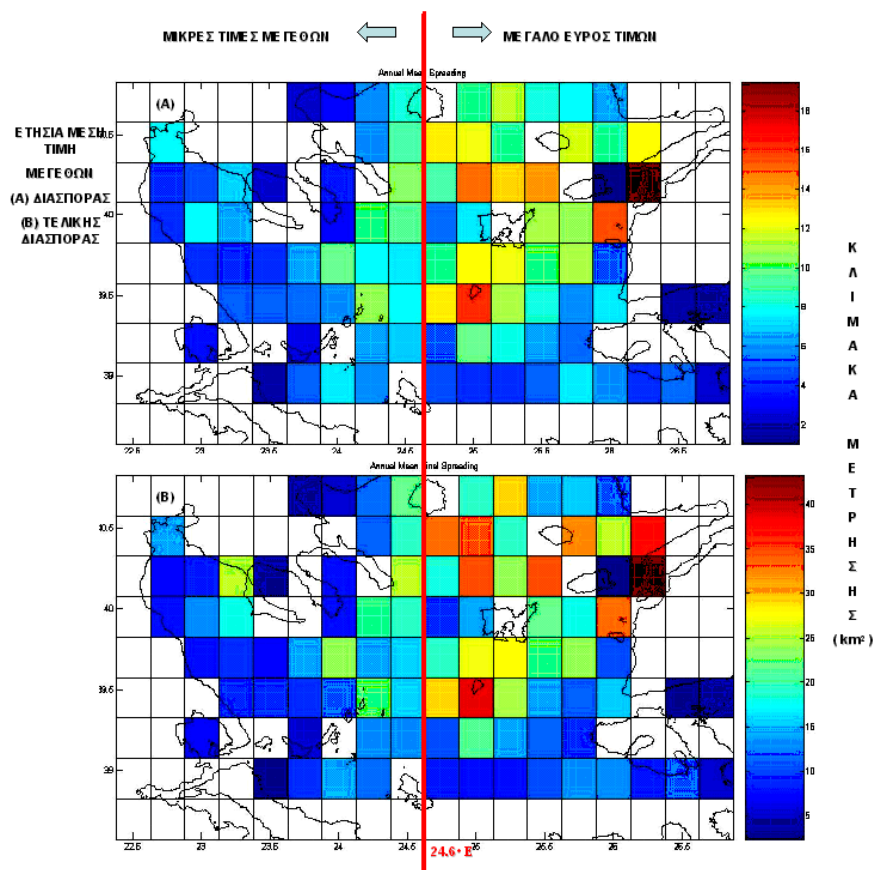
Οι ελάχιστες διακυμάνσεις (της τάξεως των 5 έως 10km) παρουσιάζονται σε περιοχές όπου δεσπόζουν νησιωτικά συμπλέγματα, ακτογραμμές και κλειστοί κόλποι, δηλαδή όπου τα πεδία των ταχυτήτων δεν είναι υψηλά καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.

Στις υπόλοιπες περιοχές όπου εμφανίζονται μέσες διακυμάνσεις, πρέπει να σημειωθεί η περιοχή δυτικά και βορειοδυτικά ν. Λέσβου (περιοχές με κίτρινο χρώμα) όπου οι διακυμάνσεις αυτές οφείλονται στην κίνηση των υδάτινων μαζών με βόρειες ή βορειοδυτικές πορείες κατά

τους πρώτους μήνες του έτους (κυρίως Ιανουάριο, Φεβρουάριο, Μάρτιο). Επίσης σημειώνεται η περιοχή ανατολικά της χερσονήσου του Άθω όπου εκτιμάται ότι τέτοιου μεγέθους διακυμάνσεις (15-25km) οφείλονται στον εποχικό αντικυκλώνα του Άθω. Οι υπόλοιπες περιοχές που παρουσιάζουν διακυμάνσεις περί τα 15-25 km αποτελούν χώρους όπου επηρεάζονται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους από την επιφανειακή εισροή των νερών της Μαύρης Θάλασσας ή την εισροή των νερών λεβαντινής νότιας προέλευσης. Τέλος η διακύμανση μεγέθους 35 km που φαίνεται ανατολικά της ν. Σκύρου οφείλεται στην επίσης ενισχυμένη ροή των υδάτινων μαζών με βόρειες πορείες, κυρίως κατά τους πρώτους δύο μήνες του έτους.

4.3.2 Μέση Ετήσια Τιμή, Ετήσιοι Κύκλοι και Ετήσια Διακύμανση των Μεγεθών «Διασπορά» και «Τελική Διασπορά» - Ειδικά Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις του μοντέλου (σχήμα 21), τα μεγέθη της «Διασποράς» και της «Τελικής Διασποράς» παρουσιάζουν επίσης πανομοιότυπη κατανομή σε, ετήσιας βάσης, αποτελέσματα.

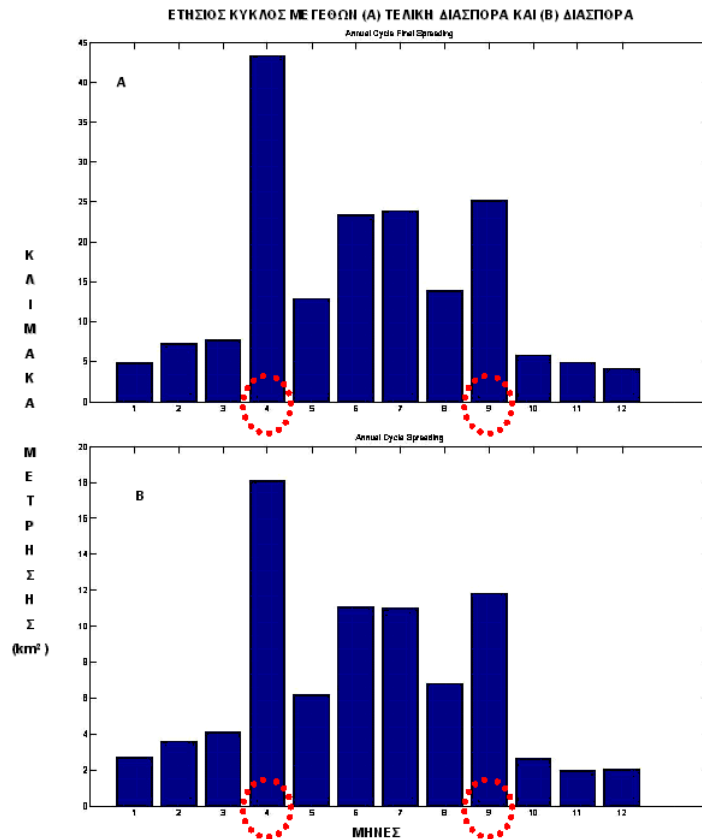


ΣΧΗΜΑ 21. Ετήσια Μέση Τιμή Μεγεθών «Διασπορά» και «Τελική Διασπορά»

Είναι φανερό ότι στη συγκεκριμένη λεκάνη διακρίνονται δύο βασικές υποπεριοχές ως προς τον άξονα Ανατολή – Δύση, όπου τα μεγέθη της «Διασποράς» και «Τελικής Διασποράς» μπορούν να ομαδοποιηθούν συναρτήσει των ετήσιων μέσων τιμών. Έτσι, δυτικά του «νοητού» μεσημβρινού 24.6° E οι μέσες τιμές είναι γενικά μικρές και δεν ξεπερνούν τα 11 km^2 για τη «Διασπορά» και τα 20 km^2 για την «Τελική Διασπορά» αντίστοιχα, ενώ ανατολικά του εν λόγω μεσημβρινού οι τιμές παρουσιάζουν ευρύ φάσμα. Η εμφάνιση των υψηλότερων τιμών εντοπίζεται στη περιοχή που ορίζεται δυτικά από τις ακτογραμμές των νήσων Αγ.Ευστρατίου, Λήμνου

και Θάσου και ανατολικά από τις μικρασιατικές ακτές. Συγκεκριμένα τα μέγιστα παρατηρούνται στην έξοδο από τα στενά των Δαρδανελίων, βόρεια των εν λόγω στενών, βόρεια ν.Λήμνου και τέλος νότια της ν. Αγ. Ευστρατίου. Λόγω της έντονης χωροχρονικής διακύμανσης στη περιοχή γύρω από τα στενά των Δαρδανελίων υπεισέρχεται αβεβαιότητα στο πεδίο ταχυτήτων που με τη σειρά της αυξάνει το «σφάλμα» ταχυτήτων. Τα υπόλοιπα δύο μέγιστα εκτιμάται ότι οφείλονται στην ύπαρξη ξηράς (που συνεπάγεται αβεβαιότητα στο πεδίο ταχυτήτων) πλησίον του σημείου μέτρησης (Μικρασιατική ακτογραμμή, ν. Αγ. Ευστρατίου). Οι υπόλοιπες υψηλές τιμές βόρεια ν. Λήμνου οφείλονται στην εξάπλωση των υφάλμυρων νερών της Μαύρης Θάλασσας καθώς και στο μόνιμο σχηματισμό του αντικυκλώνα της Σαμοθράκης. Οι μικρές ή ελάχιστες τιμές διασποράς απαντώνται κυρίως σε κλειστούς κόλπους, στενά (περιοχές που εμφανίζονται μικροί στροβιλισμοί) και σε περιοχές που εμφανίζεται ιδιαίτερα σταθερή ροή (όπως π.χ ανατολικά ν. Σκύρου). Γενικά, ιδιαίτερες διαφοροποιήσεις των μέσων τιμών των υπόψη μεγεθών ακολουθούν τον άξονα κινήσεως των νερών της Μαύρης Θάλασσας στο Βόρειο Αιγαίο.

Παρατηρώντας τον ετήσιο κύκλο για τις μέσες τιμές των δύο μεγεθών (σχήμα 22) και λαμβάνοντας υπόψη ότι ο καιρός είναι συνοπτικός, άρα δεν αντιπροσωπεύει πλήρως ένα μήνα, οι υψηλότερες μέσες τιμές των δύο μεγεθών εμφανίζονται τους μήνες Απρίλιο και Σεπτέμβριο (15η ημέρα).



ΣΧΗΜΑ 22. Ετήσιοι Κύκλοι Μεγεθών «Τελική Διασπορά» και «Διασπορά»

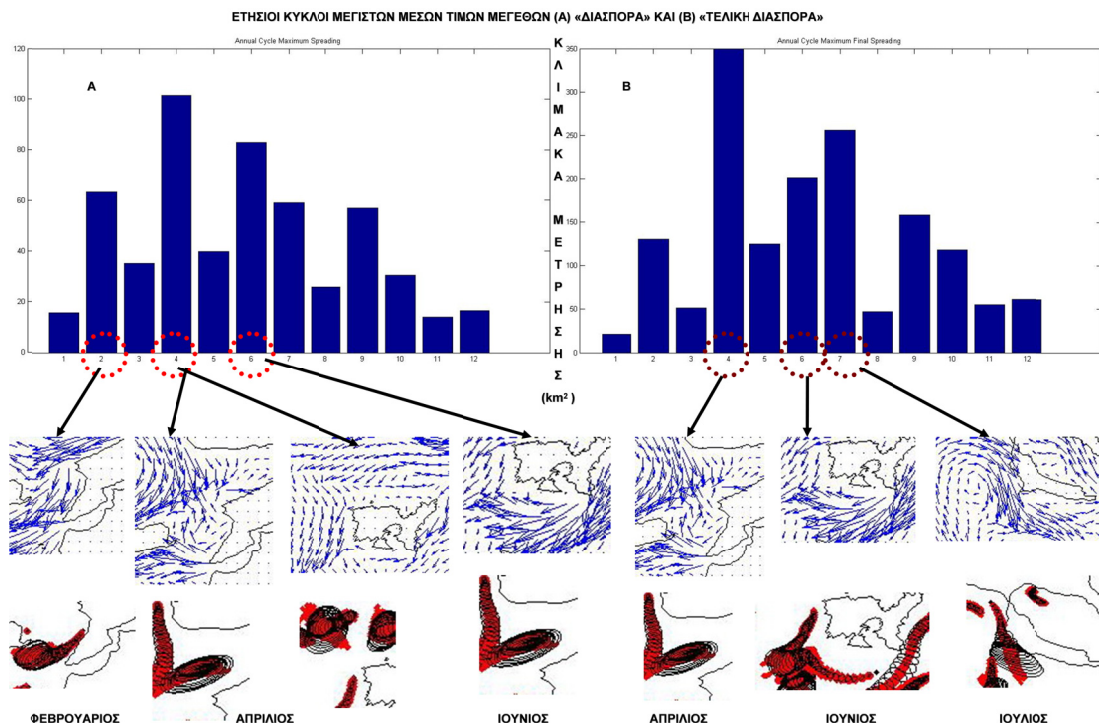
Έτσι, τον μήνα Απρίλιο οι αυξημένες τιμές ερμηνεύονται από τη γενική κυκλοφορία που επικρατεί στο τρίγωνο που περικλείεται μεταξύ των νήσων Θάσου, Λήμνου και Σαμοθράκης κατά τον άξονα κίνησης του αντικυκλώνα της Σαμοθράκης. Τον μήνα Σεπτέμβριο αντίθετα, οι

αυξημένες τιμές οφείλονται στην κυκλοφορία των νερών της Μαύρης Θάλασσας ανατολικά και νότια ν. Λήμνου (νότιος κλάδος νερών Μαύρης Θάλασσας).

Οι τρεις μήνες, κατά φθίνουσα τιμή, όπου παρουσιάζονται, την εξεταζόμενη μέρα, οι μέγιστες τιμές των δύο μεγεθών είναι οι Απρίλιος, Ιούνιος και Φεβρουάριος για το μέγεθος «Διασπορά» και οι Απρίλιος, Ιούλιος και Ιούνιος για το μέγεθος «Τελική Διασπορά» (σχήμα 23). Στην περίπτωση του Απριλίου, η μέγιστη «Διασπορά» απαντάται σε δύο περιοχές: α. βόρεια στενού Δαρδανελίων που οφείλεται στον μόνιμο αντικυκλώνα της Σαμοθράκης, όπου απαντάται και η μέγιστη «Τελική Διασπορά» και β. βορειοδυτικά ν. Λήμνου που οφείλεται σε εμφανιζόμενο αντικυκλωνικό σχηματισμό μεταξύ της Χερσονήσου του Άθω και της Θάσου.

Στη περίπτωση του Ιουνίου, τα μέγιστα των δύο μεγεθών συναντώνται στη περιοχή νοτιοδυτικά ν. Λήμνου, όπου υφίσταται η κίνηση της υδάτινης μάζας (νότιος κλάδος) προερχόμενης από τη Μαύρη Θάλασσα, με δυτικές πορείες στα πλαίσια της γενικής κυκλοφορίας στα βορειοδυτικά της λεκάνης. Τον Ιούλιο, η μέγιστη «Τελική Διασπορά» εμφανίζεται σε θέση δυτικά της Χερσονήσου της Χαλκιδικής, όπου υφίσταται αντικυκλωνικός σχηματισμός. Στη περίπτωση του Φεβρουαρίου, η μέγιστη «Διασπορά» απαντάται στη περιοχή βόρεια στενού Δαρδανελίων και οφείλεται στη γενική κυκλοφορία στη βορειοανατολική περιοχή της λεκάνης και στα νερά της Μαύρης Θάλασσας που εισρέουν από τα Δαρδανέλια.

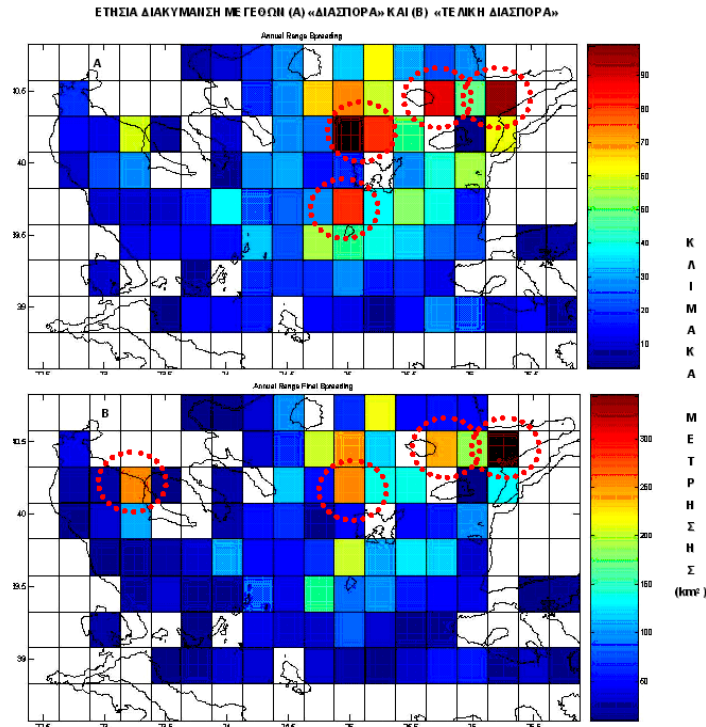
Όσον αφορά στην ετήσια διακύμανση των δύο μεγεθών, παρατηρώντας το σχήμα 24, είναι φανερό πως είναι παρόμοια. Οι μέσες τιμές διακύμανσης στο στενό των Δαρδανελίων ερμηνεύονται, όπως και ανωτέρω, από την αβεβαιότητα του πεδίου ταχυτήτων, που αυξάνει τελικά το σφάλμα μέτρησης ταχυτήτων. Οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις (όπως σημειώνονται στο σχήμα 24) παρουσιάζονται στις περιοχές βόρεια του στενού των Δαρδανελίων και βορειοδυτικά ν. Λήμνου. Επίσης υψηλές τιμές παρουσιάζονται βόρεια και νοτιοδυτικά ν. Λήμνου, ανατολικά Ν. Σαμοθράκης καθώς και νότια ν. Θάσου.



ΣΧΗΜΑ 23. Ετήσιοι Κύκλοι Μέγιστης Μέσης Τιμής Μεγεθών «Διασπορά» και «Τελική Διασπορά»

Όσον αφορά στην ετήσια διακύμανση των δύο μεγεθών, παρατηρώντας το σχήμα 24, είναι φανερό πως είναι παρόμοια. Οι μέσες τιμές διακύμανσης στο στενό των Δαρδανελίων ερμηνεύονται, όπως και ανωτέρω, από την αβεβαιότητα του πεδίου ταχυτήτων, που αυξάνει τελικά το σφάλμα μέτρησης ταχυτήτων. Οι μεγαλύτερες διακυμάνσεις (όπως σημειώνονται στο σχήμα 24) παρουσιάζονται στις περιοχές βόρεια του στενού των Δαρδανελίων και βορειοδυτικά ν. Λήμνου.

Επίσης υψηλές τιμές παρουσιάζονται βόρεια και νοτιοδυτικά ν. Λήμνου, ανατολικά Ν. Σαμοθράκης καθώς και νότια ν. Θάσου.



ΣΧΗΜΑ 24. Ετήσια Διακύμανση Μεγεθών «Διασπορά» και «Τελική Διασπορά»

Σημειώνεται ότι το μεγαλύτερο ποσοστό υψηλών και μέγιστων διακυμάνσεων συμβαίνει στη περιοχή που οριοθετείται από τις νήσους Θάσο, Λήμνο και Σαμοθράκη. Στην εν λόγω περιοχή, η γενική επιφανειακή κυκλοφορία, κατά τη διάρκεια του έτους, επηρεάζεται από τα εισρεόμενα νερά της Μαύρης Θάλασσας καθώς και από τους μόνιμους ή εποχικούς σχηματισμούς που απαντώνται στο βόρειο τμήμα της λεκάνης. Η περιοχή με τη μέγιστη διακύμανση βόρεια του στενού των Δαρδανελίων, χαρακτηρίζεται επίσης από τον άξονα κίνησης των νερών της Μαύρης Θάλασσας, κυρίως τους χειμερινούς μήνες. Στη περιοχή νοτιοδυτικά ν. Λήμνου, οι υψηλές τιμές διακύμανσης οφείλονται στη γενική κυκλοφορία που επηρεάζεται ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες από τα εισρεόμενα νερά της Μαύρης Θάλασσας (νότιος κλάδος με κατεύθυνση νότια-νοτιοδυτική). Επίσης στη Χερσόνησο της Χαλκιδικής, η υψηλή διακύμανση οφείλεται σε αντικυκλωνικό σχηματισμό (μέγιστες τιμές τον Ιούλιο και ελάχιστες τους χειμερινούς μήνες). Οι υπόλοιπες περιοχές, με ελάχιστες ή μικρές τιμές διακύμανσης, χαρακτηρίζονται γενικά από σταθερές καταστάσεις που δεν μεταβάλλονται εποχικά, παρά την εισροή των νερών της Μαύρης Θάλασσας από τα Δαρδανέλια.

V. ΣΥΝΟΨΗ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΩΝ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 Γενικά Συμπεράσματα

Τα γενικά συμπεράσματα, που προέκυψαν λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα εφαρμογής του αριθμητικού μοντέλου (μηνιαία και ετήσιας βάσης) και τα ειδικά συμπεράσματα που εξήχθησαν, συνοψίζονται στα εξής:

- α. Οι μέγιστες τιμές για τα μεγέθη των αποστάσεων («Απόσταση» και «Συνολική Απόσταση») παρουσιάζονται σε περιπτώσεις όπου η ροή του ρεύματος που παρασύρει το αντικείμενο (drift) είναι ταυτόχρονα έντονη και εμφανίζει μικρές διακυμάνσεις. Αντίθετα, οι μέγιστες τιμές για τα μεγέθη των διασπορών θέσεως («Διασπορά» και «Τελική Διασπορά») παρουσιάζονται γενικά σε περιοχές με έντονη χωρική ή /και χρονική διακύμανση (π.χ Δαρδανέλια, ν. Σαμοθράκη, ν. Λήμνος).
- β. Η λεκάνη του Βορείου Αιγαίου δύναται να διακριθεί ως προς τον άξονα Ανατολή – Δύση σε δύο περιοχές: α) δυτικά του νοητού μεσημβρινού 24.6°E όπου δεν παρουσιάζονται ιδιαίτερες διακυμάνσεις σε κανένα από τα εξεταζόμενα μεγέθη και συνεπώς η εποχικότητα διαφόρων σχηματισμών ή η εποχικότητα παροχής των υδάτων Μαύρης Θάλασσας (BSW) δεν παίζουν σημαντικό ρόλο, β) ανατολικά του νοητού μεσημβρινού 24.6°E όπου η επίδραση της εποχικότητας παροχής των υδάτων Μαύρης Θάλασσας (BSW) καθώς και άλλων σχηματισμών (αντικυκλώνας Σαμοθράκης) είναι πολύ σημαντική και παίζει ουσιαστικό ρόλο τόσο στο πεδίο των αποστάσεων διαδρομής και μεταξύ αρχικής και τελικής θέσης όσο και στη διασπορά των εκτιμώμενων θέσεων πέριξ της διαδρομής ή της τελικής διασποράς πέριξ της τελευταίας θέσης του παρασυρόμενου αντικειμένου.
- γ. Ο ρυθμός εισροής των υδάτων Μαύρης Θάλασσας (BSW) μέσω των στενών των Δαρδανελίων αποτελεί ουσιαστικό παράγοντα στον καθορισμό μεγάλων τιμών των εξεταζόμενων μεγεθών. Έτσι, η αύξησή του (η οποία οδηγεί σε εντονότερη επιφανειακή κυκλοφορία) έχει ως αποτέλεσμα την ενίσχυση των τιμών τόσο των αποστάσεων, όσο και των διασπορών. Ειδικά τους μήνες Ιούνιο και Ιούλιο, όπου υφίσταται η μέγιστη ποσοτικά εισροή, εμφανίζονται τιμές για όλα τα μεγέθη οι οποίες κατατάσσονται στην πρώτη τριάδα υψηλότερων τιμών όσον αφορά στον ετήσιο κύκλο αυτών.
- δ. Παρά την έντονη χωροχρονική διακύμανση των μεγεθών στην είσοδο των στενών των Δαρδανελίων, οι μετρήσεις δεν ερμηνεύουν πλήρως την πραγματικότητα. Η εν λόγω «αστοχία» του μοντέλου οφείλεται στην επιλογή της θέσης του αρχικού σημείου. Γενικά, η θέση του αρχικού σημείου είναι πολύ δύσκολο να επικεντρωθεί στην ροή εξόδου των BSW. Συνεπώς, για μερικούς μήνες, τα σημεία (grid) που επιλέχθηκαν είναι εκτός αυτής της βασικής ροής (κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες) οπότε εμφανίζεται αβεβαιότητα στο πεδίο των επιφανειακών ταχυτήτων. Η αβεβαιότητα αυτή οδηγεί σε σφάλμα υπολογισμού ταχυτήτων και κατ' επέκταση σε μη ασφαλή αποτελέσματα για τη συγκεκριμένη περιοχή.
- ε. Ο μέγιστος χρόνος επιβίωσης ενός ανθρώπου στη θάλασσα για τη περιοχή του Βορείου Αιγαίου κυμαίνεται από 2.54 ώρες (Μάρτιος) έως περίπου 19 ώρες (Αύγουστος). Συνεπώς το χρονικό διάστημα αντίδρασης σε περίπτωση έρευνας – διάσωσης, για τη συγκεκριμένη περιοχή, είναι ιδιαίτερα μικρό, αν κάποιος αναλογιστεί και την αμεσότητα ή μη της πληροφόρησης των αρχών όσον αφορά στο προς διάσωση άτομο.

5.2 Προτάσεις

- α. Το μοντέλο Έρευνας – Διάσωσης στη παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη της επίδρασης μόνο των ταχυτήτων του επιφανειακού στρώματος στη παρασυρόμενη κίνηση επιπλέοντος αντικειμένου. Η εξέλιξή του, με την εισαγωγή της επίδρασης του ανέμου (leeway) και του κύματος (stokes drift), σίγουρα θα διέυρνε τον αριθμό του είδους των παρασυρόμενων αντικειμένων που θα μπορούσαν να εξεταστούν (π.χ πλωτά σκάφη, άνθρωπος με στολή επιβίωσης, σωστικές λέμβοι κ.α).
- β. Η συνεχής παρακολούθηση των διακυμάνσεων στα ατμοσφαιρικά και θαλάσσια χαρακτηριστικά του Βορείου Αιγαίου, καθώς και η περαιτέρω διερεύνηση της δυναμικής της περιοχής, είτε με επιτόπιες παρατηρήσεις, είτε με μεθόδους αριθμητικών μοντέλων εκτιμάται ότι θα προσφέρουν περισσότερη ακρίβεια στις μετρήσεις των εξεταζόμενων μεγεθών και θα προσδώσουν περίσσεια πληροφοριών που ο εκάστοτε συντονιστής μιας επιχείρησης έρευνας – διάσωσης θα μπορεί να εκμεταλλευτεί.
- γ. Από τη παρούσα μελέτη έγινε φανερή η ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης της δυναμικής της περιοχής όσον αφορά στα εξεταζόμενα μεγέθη προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια τιμών. Συνεπώς, η αύξηση του πλήθους των υπολογισμών, δηλαδή η αύξηση των υπό εξέταση ημερών ανά μήνα και η καλύτερη διακριτοποίηση της εξεταζόμενης περιοχής, δηλαδή απόσταση μεταξύ σημείων μικρότερη από 0.25° (άρα πιο πυκνό πλέγμα σημείων) εκτιμάται ότι θα προσδώσει την απαιτούμενη ακρίβεια για πλήρη εκμετάλλευση του μοντέλου σε επιχείρηση Έρευνας - Διάσωσης.
- δ. Λαμβάνοντας υπόψη το περιορισμένο χρόνο αντίδρασης, λόγω κυρίως θερμοκρασιών θαλάσσης, εκτιμάται ότι οι ακριβέστερες μετρήσεις μπορούν εν συνεχεία να οδηγήσουν σε σύνταξη πιο λεπτομερών κανόνων για την οριοθέτηση και διεξαγωγή της έρευνας που θα αφορούν σε προκαθορισμένες πλέον γεωγραφικές περιοχές, αναλόγως εποχής και υποπεριοχής εμφάνισης του εκάστοτε συμβάντος.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Allen A., Robe R, Morton E., 1999. The leeway of Persons - In - Water and Three Small Crafts, Final Report prepared for U.S Department of Transportation U.S Coast Guard Operation (G-O) Washington – Report No CG-D-09-00.
2. Allen A.A, Plourde J.V, 1999. Review of leeway: Field experiments and implementation. Technical Report CG-D-08-99, US Coast Guard Research and Development Center, Groton, CT, USA.
3. Allen A.A, 2005. Leeway Divergence. Final Report prepared for U.S Department of Homeland Security, U.S Coast Guard Operations Washington, Report No CG-D-05-05.
4. Barbopoulos K.A, Kourafalou V.H, Krestenitis Y.N, 2000. Three dimensional numerical modelling of the North Aegean Sea circulation. Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας.
5. Breivik O., Allen A., 2005. An operational Monte Carlo SAR Model. Norwegian Meteorological Institute
6. Carniel S, Umgiesser G, Scavo M, Kantha L.H, Monti S, 2002. Tracking the drift of a human body in the coastal ocean using numerical prediction models of the oceanic, atmospheric and wave conditions. Science & Justice 2002 (42) ,pp 143-151.
7. Fitzgerald R.B, Finlayson D.J, Cross J.F, Allen A.,1993. Drift of Common Search and Rescue Objects – Phase II. Contract report prepared for Transportation Development Centre, Transport Canada, Montreal, TP 11673E.
8. Georgopoulos D., 2001. Water masses and dynamic structure in the Aegean. PhD Thesis, University of Patras, Greece, unpublished, 310.

9. Hacket B., Breivik O., Wettre C., 2006. Forecasting the drift of objects and substances in the ocean, *Ocean Weather Forecasting Chapter 23*, ed. Springer.
10. Howard E, Oakley N, 2000. The U.K National Immersion Incident Survey. Head of Survival and Thermal Medicine – Institute of Naval Medicine, Alverstoke U.K.
11. JCS, U.S.A, 1991. National Search and Rescue Manual Vol I, Joint Pub 3-50, COMDTINST M16120.5A.
12. Kanarska Y., Maderich V., 2004. Laboratory and numerical modeling of exchange flows. Proc. of XXI ICTAM congress, Warsaw, Poland –August 2004.
13. Keatinge W.R, 1984. Hypothermia at sea. *Med Sci Law* 24(3): 160-162.
14. Korres G., Laskaratos A., Hatziapostolou E., Katsafados P., 2002. Towards an ocean forecasting system for the Aegean Sea. *The Global Atmosphere and Ocean System* 8, 2-3, 173-200.
15. Kourafalou V.H, Barbopoulos K.A, 2003. High - resolution simulations on the North Aegean Sea seasonal circulation. *Ann. Geophys.* 21,251-265.
16. Kourafalou V.H, Tsiaras K., Olson D., Johns B. Papadopoulos A., Kontoyiannis H., Zervakis V., 2006. North Aegean Circulation: Results from a drifter array and model simulations. Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας.
17. National Search and Rescue Council, 2006. Australian National Search and Rescue Manual, -Version 0601, 30 November 2006- ed. AMSA.
18. Nittis K., Lascaratos A, Theocharis A., 2003. Dense water formation in the Aegean Sea: Numerical simulations during the Eastern Mediterranean Transient. *Journal of Geophysical Research* 108 (C9), 8120.
19. Nittis K., Perivoliotis L., 2002. Circulation and hydrological characteristics of the North Aegean Sea: a contribution from real-time buoy measurements. *Mediterranean Marine Science*, V.3/1, 21-31.
20. Oguz T, Sur I.H, 1989. A two-layer model of water exchange through the Dardanelles Strait, *Oceanol. Acta*, 12(1), 23-31.
21. Press W.H, Flannery B.P, Teukolsky S.A, Vetterling W.T, 1993. *Numerical Recipes in C*. Cambridge University Press, Cambridge.
22. Pugh L.G.C., 1967. Cold stress and muscular exercise, with special reference to accidental hypothermia. *Brit. Med*, J. 2: 333-337.
23. Richardson H.R, 1986. Search Theory. Center for Naval Analyses (CNA) U.S Virginia –Professional Paper 449- April 1986.
24. Risley W.C, Leger G.T, Patterson A., 1998. An air deployable buoy for search and rescue operations. Defence Research Establishment Atlantic, Nova Scotia Canada.
25. Sofianos S., Skliris N., Vervatis V., Olson D. Kourafalou V., Laskaratos A., Johns W., 2005. On the forcing mechanisms of the Aegean Sea surface circulation. *Geophysical Research Abstracts* 7, 04223
26. Sofianos S., Theocharis A., Vervatis V., 2006. Profiling float observations in the Aegean Sea. Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας.
27. SoHelME, 2005. State of the Hellenic Marine Environment, HCMR Publication 360.
28. Theocharis A, Balopoulos E., Kioroglou S., Kontoyiannis H., Iona A., 1999. A synthesis of the circulation and hydrography of the South Aegean sea and the Straits of the Cretan Arc (March 1994 – January 1995). In Balopoulos E., Collins M.B (Ed.), *Insight into the Hydrodynamics and Biogeochemistry of the S. Aegean, E. Mediterranean: The Pelagos (EU) project*. *Prog. Oceanography* vol 44(4), 469-509.
29. Thompson R.L, Hayward J.S, 1996. Wet – cold exposure and hypothermia: thermal and metabolic responses to prolonged exercise in rain. *J. Appl. Physiol.* 81(3): 1128-1137.
30. Velaoras D., Lascaratos A., 2005. Deep water mass characteristics and interannual variability in the North and Central Aegean Sea. *Journal of Marine Systems* 53, 59-85.
31. Wu P, Haines K, 1998. The general circulation of the Mediterranean Sea from a 100-year simulation. *Journal of Geophysical Research*, V103-C1, 1121-1136.

32. Yan L., Jinsong B., Xiaofeng H., Ye J., 2009. A heuristic project scheduling approach for quick response to maritime disaster rescue, *International Journal of Project Management* 27 (2009) 620-628.
33. Zervakis V., Georgopoulos D., Drakopoulos P.G, 2000. The role of the North Aegean Sea in triggering the recent Eastern Mediterranean climatic changes. *Journal of Geophysical Research* 105(C11),26103 – 26116.
34. Zervakis V., Georgopoulos D., Drakopoulos P.G, 2002. Hydrology and circulation in the North Aegean (Eastern Mediterranean) throughout 1997 – 1998. *Mediterranean Marine Sciences* 3, 7-21.
35. Zervakis V., Tragou E., Maderich V., Papadopoulos A., Georgopoulos D., 2003. On the thermohaline engine of the Aegean Sea. *Geophysical Research Abstracts* 5, 03591.
36. Zodiatis G., 1994. Advection of the Black Sea water in the North Aegean Sea. *The Global Atmosphere and Ocean System* 2, 41-60.