



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΕΛ. ΒΕΝΙΖΕΛΟΥ, 70 17671 ΚΑΛΛΙΘΕΑ-ΤΗΛ: 210-9549151 FAX: 210-9514759

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ

Ε΄ ΕΞΑΜΗΝΟ

Από
Καψιμάλη Βασίλη
Εντεταλμένο Ερευνητή, ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

και

Παυλόπουλο Κοσμά
Αναπλ. Καθηγητή

ΑΘΗΝΑ 2009

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ

1. ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

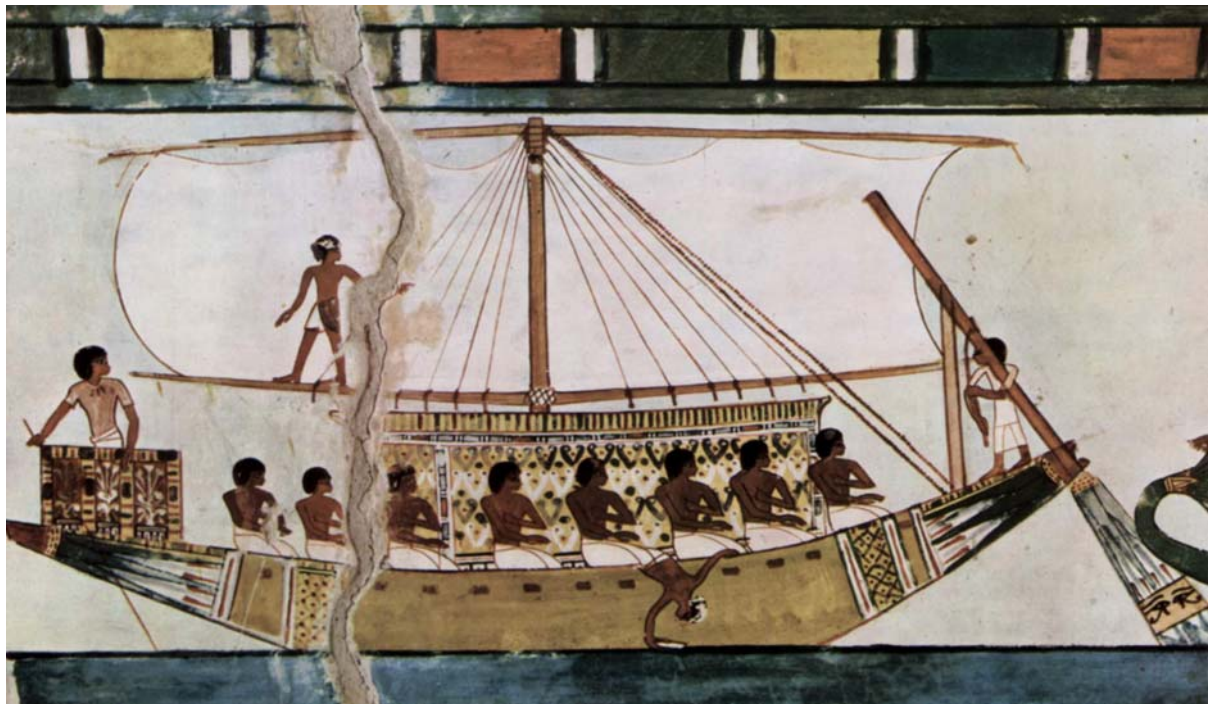
Α. ΘΕΩΡΙΑ

1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΒΥΘΟΣΚΟΠΗΣΗΣ

Βυθομετρία είναι η ενόργανη μέτρηση του βάθους νερού. Πολλές βυθομετρήσεις σε μια περιοχή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να οπτικοποιηθεί η τοπογραφία του βυθού. Όσο πιο πυκνό είναι το δίκτυο των βυθομετρήσεων τόσο πιο ακριβής είναι η εικόνα της υποθαλάσσιας τοπογραφίας του βυθού που μελετάται. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την ανεύρεση του βάθους μιας θαλάσσιας περιοχής είναι η ραβδοσκόπηση ή βολιδοσκόπηση, ο ηχοβολισμός και η βυθοσκόπηση με Laser.

1.1. Τεχνικές άμεσης παρατήρησης

Η αρχαιότερη μέθοδος προσδιορισμού του βάθους ενός θαλάσσιου πυθμένα είναι η ραβδοσκόπηση με τη βοήθεια ενός βαθμονομημένου κονταριού πλοήγησης ή εναλλακτικά με ένα βαθμονομημένο σχοινί όπου στην μία του άκρη είναι προσαρμοσμένο ένα λίθινο ή μεταλλικό βάρος (βολίδα). Τοιχογραφίες από Αιγυπτιακούς τάφους που χρονολογούνται πριν από τουλάχιστον 5000 χρόνια αναπαριστούν σκάφη που προσεγγίζουν αβαθή νερά με την χρήση κονταριού. Η μέθοδος αυτή ήταν μια διαδεδομένη πρακτική που την χρησιμοποιούσαν για πολλούς αιώνες όλοι σχεδόν οι ναυτικοί όταν τα σκάφη τους πλησίαζαν σε λιμάνια ή σε παράκτιες περιοχές.



Εικόνα 1. Τοιχογραφίες από Αιγυπτιακούς τάφους που φανερώνουν την χρήση ράβδου πλοήγησης

Η πρώτη εκτίμηση για το βάθος της Μεσογείου έγινε από τον Ποσειδώνιο το 85 π.Χ. όταν με μια βολιδοσκόπηση διαπίστωσε ότι ο βαθύς πυθμένας της Μεσογείου δεν ήταν επίπεδος, όπως πίστευαν μέχρι εκείνη την εποχή, αλλά αρκετά ανώμαλος και μάλιστα το μέγιστο βάθος του ξεπερνούσε τα 1800 μέτρα στην περιοχή κοντά στη Σαρδηνία.

1.2. Ηχοβολισμός

Η ακουστική διασκόπηση είναι η πλέον σύγχρονη τεχνική προσδιορισμού του βάθους ενός θαλάσσιου πυθμένα. Χρησιμοποιεί στις ιδιότητες του ήχου, όταν αυτός διαδίδεται μέσα σε ρευστό. Μια συσκευή που ονομάζεται βυθόμετρο (συνήθως είναι προσαρμοσμένο πάνω σε ένα σκάφος) εκπέμπει έναν ηχητικό παλμό, από τον πομπό του, το οποίο κατευθύνει προς τον βυθό και στη συνέχεια, αφού ανακλαστεί, τον συλλέγει με το δέκτη του. Ο υπολογισμός του βάθους νερού γίνεται με την επίλυση της εξίσωσης:

$$Z=C*t/2$$

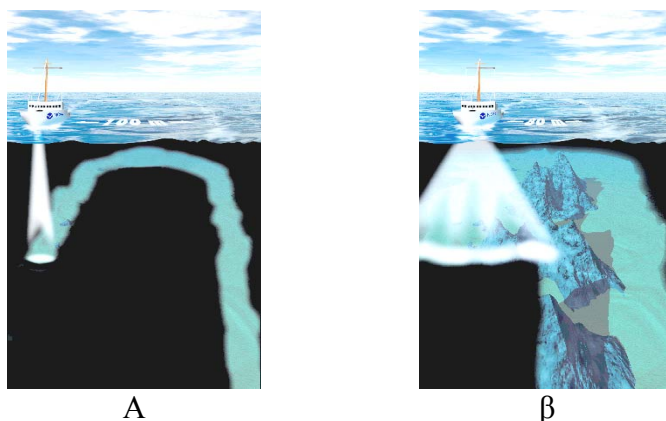
Όπου, Z = το βάθος νερού,

C = η ταχύτητα του ήχου στο θαλασσινό νερό (~1500 km/hr),

t = ο χρόνος διαδρομής του ηχητικού παλμού που κάνει για να φτάσει από τον πομπό στο βυθό και αντίστροφα.

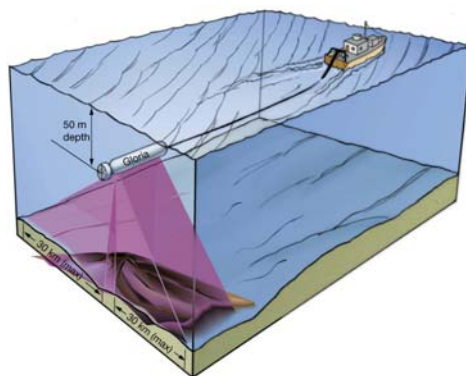
Τα **Βυθόμετρα Απλής Δέσμης** (Single Beam Echosounder) εκπέμπουν μια κάθετη δέσμη ηχητικών παλμών στη συχνότητα των 200KHz ή των 50KHz. Με τις υψηλές συχνότητες (200KHz) επιτυγχάνεται μεγάλη ακρίβεια σε ρηχά σχετικά νερά, ενώ με τις χαμηλές συχνότητες (50KHz) η ηχητική δέσμη διεισδύει σε μεγαλύτερα βάθη νερού. Η συνεχής εκπομπή ηχητικών παλμών κατά μήκος της πορείας ενός ερευνητικού σκάφους επιφανείας δίνει μια δισδιάστατη βυθομετρική διατομή. Η πρώτη βυθομέτρηση με ηχοβολιστή απλής δέσμης έγινε από το γερμανικό σκάφος Meteor στις αρχές της δεκαετίας του 1920 ανακαλύπτοντας τις τοπογραφικές ανωμαλίες του Ατλαντικού Ωκεανού.

Τις τελευταίες δεκαετίες ένας άλλος τύπος ηχοβολιστών έχουν αναπτυχθεί. Ονομάζονται **Βυθόμετρα Πολλαπλής Δέσμης** (Multibeam Echosounder) και η λειτουργία τους βασίζεται στην εκπομπή μιας πολλαπλής ηχητικής δέσμης με ευρεία γωνία πρόσπτωσης. Η δέσμη αυτή αφού ανακλαστεί στο βυθό συλλέγεται από ένα σύστημα δεκτών που είναι εγκατεστημένο στα ύφαλα του ερευνητικού σκάφους. Μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, μέσω ενός ειδικού λογισμικού, παράγεται η τρισδιάστατη βυθομετρική απεικόνιση μιας ευρείας ζώνης βυθού.



Εικόνα 2. Έρευνα με βυθόμετρο (α) απλής και (β) πολλαπλής δέσμης

Ένα άλλο ωκεανογραφικό όργανο που μπορεί να απεικονίσει το βυθό μέσω της εκπομπής δέσμης ηχητικών παλμών είναι ο **Ηχοβολιστής Πλευρικής Σάρωσης** (Side Scan Sonar). Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί έναν διπλό πομποδέκτη προσαρμοσμένο σε μια συσκευή που μοιάζει με τορπίλη. Η τορπίλη σέρνεται πίσω από το ερευνητικό σκάφος επιφανείας με τη βοήθεια ενός ειδικού συρματόσχοινο. Παράγονται δύο ηχητικές δέσμες, η μια δεξιά και η άλλη αριστερά της νοητής πορείας του σκάφους, με αποτέλεσμα την απεικόνιση («φωτογράφιση») των ψευδοτριδιάστατων ανωμαλιών του πυθμένα. Οι γεωμορφές ή τα αντικείμενα του βυθού που εξέχουν έχουν εντονότερη φωτεινότητα, ενώ αυτά που βρίσκονται χαμηλότερα ή είναι πίσω από τις «τοπογραφικές εξάρσεις» εμφανίζονται πιο σκούρες αποχρώσεις. Οι Ηχοβολιστές Πλευρικής Σάρωσης δεν παρέχουν ακριβή βυθομετρικά δεδομένα. Ωστόσο, είναι πολύτιμο όργανο στον εντοπισμό ναυαγίων, βλαβών σε υποβρύχια καλώδια και διάφορων γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών του πυθμένα όπως, υποθαλάσσιες κατολισθήσεις, αμμοθίνες, βραχώδεις εξάρσεις κ.ά..



Εικόνα 3. Μορφολογική αποτύπωση βυθού με χρήση ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης

1.3. Βυθοσκόπηση με LASER

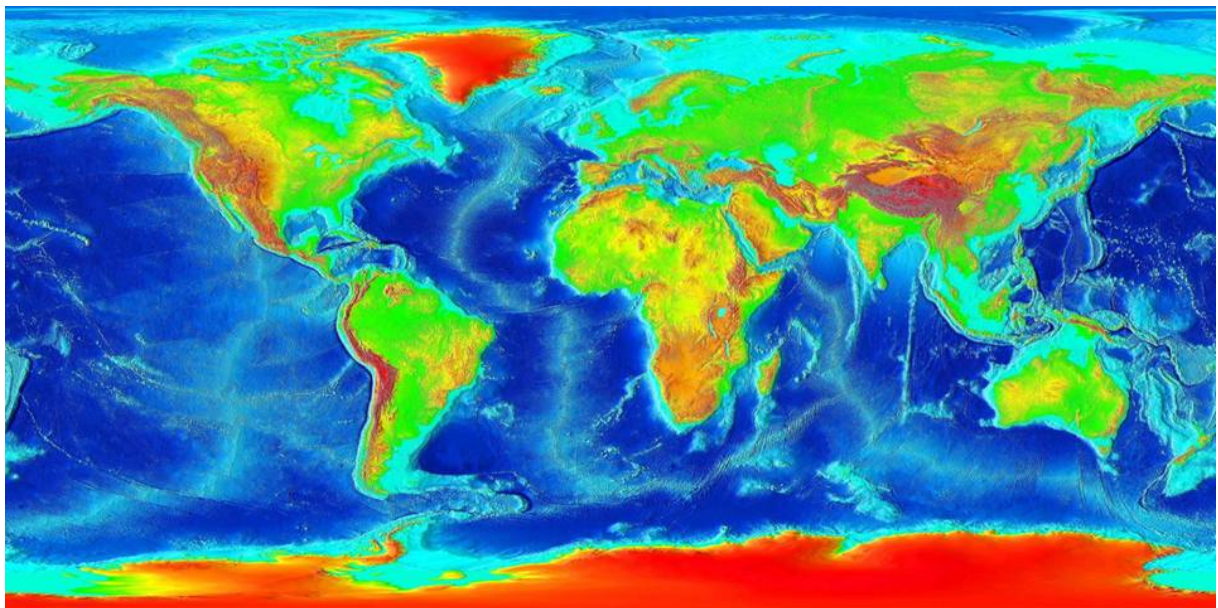
Τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία Laser χρησιμοποιείται ευρέως για την βυθομέτρηση των αβαθών νερών αλλά και για την αποτύπωση μεγάλης κλίμακας μορφολογικών ανωμαλιών στους ωκεανούς. Έχουν αναπτυχθεί δύο κύριες τεχνικές: η βυθοσκόπηση με αερομεταφερόμενο Laser και η Δορυφορική υψομετρία. Και στις δυο περιπτώσεις μια ειδική συσκευή Laser που είναι προσαρμοσμένη σε ένα αεροπλάνο ή δορυφόρο εκπέμπει δέσμη φωτός κάθετα προς την επιφάνεια της θάλασσας.

Το **Αερομεταφερόμενο Βυθόμετρο Laser** (Laser Airborne Depth Sounder – LADS) αναπτύχθηκε από το πολεμικό ναυτικό της Αυστραλίας για να αποτυπώσει με μικρό κόστος και σε μικρό χρονικό διάστημα τις παράκτιες περιοχές της αυστραλιανής ηπείρου. Αποτελείται από μια συστοιχία Laser που τοποθετείται πάνω σε ένα μικρό αεροσκάφος, το οποίο πετάει σε ύψος 500 m περίπου. Το Laser αυτό έχει τη δυνατότητα να εκπέμπει δύο δέσμες: (α) μια κόκκινη που μετρά το ύψος του αεροπλάνου από την επιφάνεια της θάλασσας και (β) μια πράσινη που διεισδύει στο νερό και ανακλάται στον βυθό. Η διαφορά των αποστάσεων που λαμβάνονται από τις δυο αυτές δέσμες είναι το βάθος της θάλασσας. Αυτή η τεχνική έχει πολύ καλά αποτελέσματα στις αβαθείς περιοχές (βάθη μικρότερα των 20-30 m) με καθαρά και ήρεμα νερά. Σε περιοχές με μεγάλη συγκέντρωση αιωρημένου υλικού ή τουρβιδιτική ροή (κυματισμό και ισχυρά παράκτια ρεύματα), η βυθοσκόπηση είναι αδύνατη. Ένας άλλος περιοριστικός παράγοντας είναι η νέφωση πάνω από την εξεταζόμενη περιοχή η οποία απορροφά ένα μεγάλο μέρος της δέσμης του laser και δεν το αφήνει να φτάσει με πλήρη ένταση στην επιφάνεια της θάλασσας.



Εικόνα 4. Βυθοσκόπηση παράκτιων περιοχών με χρήση Αερομεταφερόμενο Βυθόμετρο Laser

Η εκτόξευση ειδικών δορυφόρων με ωκεανογραφική ειδικευση, τις τελευταίες δυο δεκαετίες, έχει προάγει σε μεγάλο βαθμό την γνώση μας για την τις φυσικές διεργασίες που συμβαίνουν στους ωκεανούς. Μια από τις σπουδαιότερες συνεισφορές της **Δορυφορικής Υψομετρίας** (Satellite Altimetry) είναι η ανακάλυψη των μεγάλων μορφολογικών χαρακτηριστικών του ωκεάνιου πυθμένα. Έχει διαπιστωθεί ότι η στάθμη του ωκεανού πάνω από μια μεγάλη μορφολογική ανωμαλία συμπεριφέρεται ανάλογα. Πιο συγκεκριμένα, όταν στον βυθό υπάρχει ένα υποθαλάσσιο βουνό, τότε ακριβώς πάνω από αυτό, η επιφάνεια του νερού ανυψώνεται αμυδρά σε σχέση με την τριγύρω περιοχή. Αντίθετα, όταν στον βυθό υπάρχει μια βαθιά λεκάνη, τότε πάνω από αυτήν την μορφολογική ανωμαλία, η επιφάνεια του ωκεανού χαμηλώνει σε σχέση με την μέση στάθμη. Με βάση αυτή την παρατήρηση και κατόπιν πολλών διορθώσεων έχουν παραχθεί μορφολογικοί χάρτες που δείχνουν σε γενικές γραμμές τις θέσεις των μεσο-ωκεάνιων ραχών, των μεγάλων ρηγμάτων μετασχηματισμού, τις βαθιές τάφρους στα μέτωπα σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών κ.ά. **Επισημαίνεται, ότι η μέθοδος της Δορυφορικής Υψομετρίας δεν μπορεί να δώσει βυθομετρικά δεδομένα, αλλά παρέχει μια γενική εκτίμηση των μεγάλων υποθαλάσσιων γεωμορφών.**



Εικόνα 5. Γενική μορφολογική διάπλαση του ωκεάνιου πυθμένα με χρήση δορυφορικής υψομετρίας

2. ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

2.1. Ορισμοί

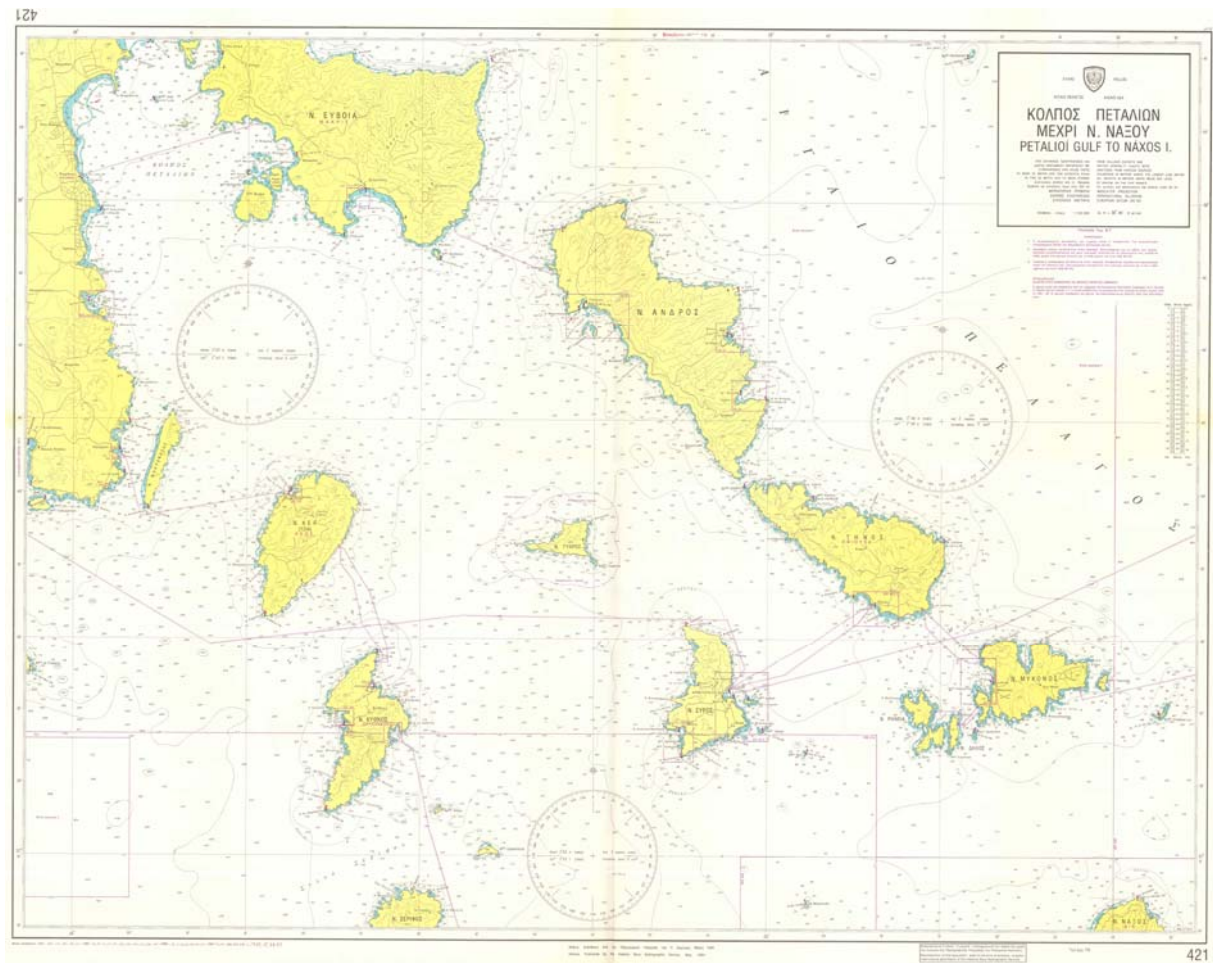
Βυθομετρικός Χάρτης: η χωρική απεικόνιση του βυθού σε μια οριζόντια διάσταση

Ναυτικός Χάρτης: η περιληπτική παρουσίαση της παράκτιας και θαλάσσιας περιοχής που περιλαμβάνει απαραίτητες πληροφορίες για την ασφαλή ναυσιπλοΐα. Σε έναν ναυτικό χάρτη περιλαμβάνονται βυθομετρικά δεδομένα που δίνουν μια σχετικά καλή εικόνα της μορφολογίας του βυθού

Βυθομετρική διατομή: η δισδιάστατη απεικόνιση του βυθού σε μια κάθετη τομή

Ισοβαθής: η γραμμή που ενώνει τα σημεία με ίδιο βάθος.

Ισοδιάσταση: η απόσταση σε μέτρα μεταξύ δυο διαδοχικών ισοβαθών



Εικόνα 6. Ναυτικός Χάρτης της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Πολεμικού Ναυτικού. Φύλλο: Κόλπος Πεταλίων μέχρι Ν. Νάξου, κλίμακας 1: 150.000.

2.2. Χαρακτηριστικά ναυτικών χαρτών

Τα κυριώτερα στοιχεία ενός ναυτικού χάρτη είναι η χωρική διευθέτηση των απαραίτητων γεωγραφικών πληροφοριών, η απεικόνιση της ξηράς, ακτογραμμής και του θαλάσσιου πυθμένα, και σύμβολα ναυσιπλοΐας.

2.2.1. Χωρική διευθέτηση

Συντεταγμένες

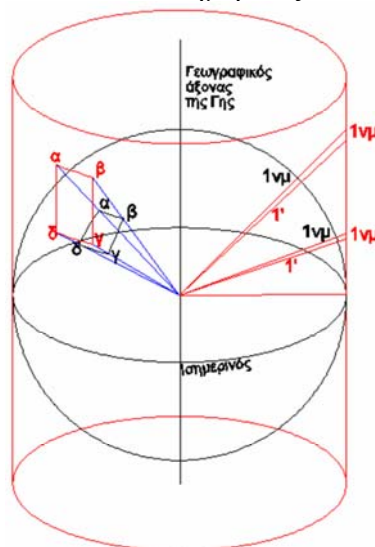
Κάθε σημείο της επιφάνειας της Γης προσδιορίζεται από δύο **Γεωγραφικές Συντεταγμένες**: Το **Γεωγραφικό Πλάτος** (φ , Latitude) που είναι το τμήμα (τόξο) του μεσημβρινού που περιλαμβάνεται μεταξύ του ισημερινού της γης και της συγκεκριμένης θέσης. Μετράται σε μοίρες, όπου η αρχή του (00°) είναι ο Ισημερινός και το τέλος του (90°) είναι οι πόλοι. Χαρακτηρίζεται ως Βόρειο (N) ή Νότιο (S), αναλόγως το ημισφαίριο στο οποίο βρίσκεται η θέση. Το Γεωγραφικό Πλάτος σημειώνεται το αριστερό και δεξιό πλαίσιο ενός ναυτικού χάρτη. Με βάση αυτή την κλίμακα μετρώνται όλες οι αποστάσεις πάνω στον χάρτη, όπου η μια μοίρα ισοδυναμεί με 60 ναυτικά μίλια ($1^\circ = 60 \text{ μίλια} = 111,11 \text{ χλμ.}$) και ένα πρώτο της μοίρας ισοδυναμεί με ένα ναυτικό μίλι και ($1' = 1 \text{ μίλι} = 1,852 \text{ χλμ.}$).

Το **Γεωγραφικό Μήκος** (λ , Longitude) είναι το τμήμα (τόξο) του παράλληλου που περιλαμβάνεται μεταξύ του $1^{\text{ου}}$ μεσημβρινού και της συγκεκριμένης θέσης. Μετράται σε μοίρες, όπου η αρχή του (000°) είναι ο μεσημβρινός που διέρχεται από το Greenwich και το τέλος του (180°) είναι ο (αντί-)μεσημβρινός που διέρχεται κοντά από τα νησιά Φίτζι στον Ειρηνικό Ωκεανό. Χαρακτηρίζεται ως Ανατολικό (E) ή Δυτικό (W) αναλόγως το ημισφαίριο στο οποίο βρίσκεται η θέση. Το Γεωγραφικό Μήκος σημειώνεται στο πάνω και κάτω πλαίσιο του ναυτικού χάρτη. Σε αντίθεση με την κλίμακα μήκους τις οποίες οι υποδιαιρέσεις έχουν το ίδιο πάχος, στην κλίμακα πλάτους, όσο πλησιάζουμε προς τους πόλους το πάχος των υποδιαιρέσεων μειώνεται.

Προβολή

Οι ναυτικοί χάρτες στην Ελλάδα απεικονίζονται με βάση την Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή (Universal Transverse Mercator ή U.T.M.), για ζώνες εύρους 6° (η γη χωρίζεται σε 60 ζώνες).

Στην Ε.Μ.Π., η γήινη επιφάνεια προβάλλεται πάνω σε έναν κύλινδρο, ο άξονας του οποίου είναι κάθετος ως προς την ευθεία που ενώνει τους δύο πόλους. Ο μεσημβρινός που ορίζεται από την επαφή του κυλίνδρου με τη γήινη επιφάνεια είναι ο Κεντρικός Μεσημβρινός της προβολής και ταυτίζεται με τον κατακόρυφο άξονα του προβολικού συστήματος. Ο οριζόντιος άξονας όλων των Ε.Μ.Π. είναι ο Ισημερινός.



Εικόνα 7. Η Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή της επιφάνειας της γης.

Στην Ελλάδα, η εφαρμογή της Ε.Μ.Π. παρουσιάζει αρκετά προβλήματα, με κυριότερο το ότι η χώρα "μοιράζεται" σε δύο ζώνες (τη Ζώνη 34, με Κεντρικό Μεσημβρινό τον 21° και τη

Ζώνη 35, με Κεντρικό Μεσημβρινό τον 27°). Η Υδρογραφική Υπηρεσία του Πολεμικού Ναυτικού χρησιμοποιεί για την κατασκευή των ναυτικών χαρτών το Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς ED50 με βασικό σημείο στο Potsdam Γερμανίας και το ελλειψοειδές Hayford.

Κλίμακα

Κλίμακα ενός χάρτη είναι η σχέση ανάμεσα στο σχεδιασμένο γραφικό μήκος και στο αντίστοιχο πραγματικό. Η κλίμακα ορίζεται ως ένα κλάσμα που έχει αριθμητή το σχεδιασμένο μήκος στον χάρτη και παρονομαστή το αντίστοιχο πραγματικό μήκος:

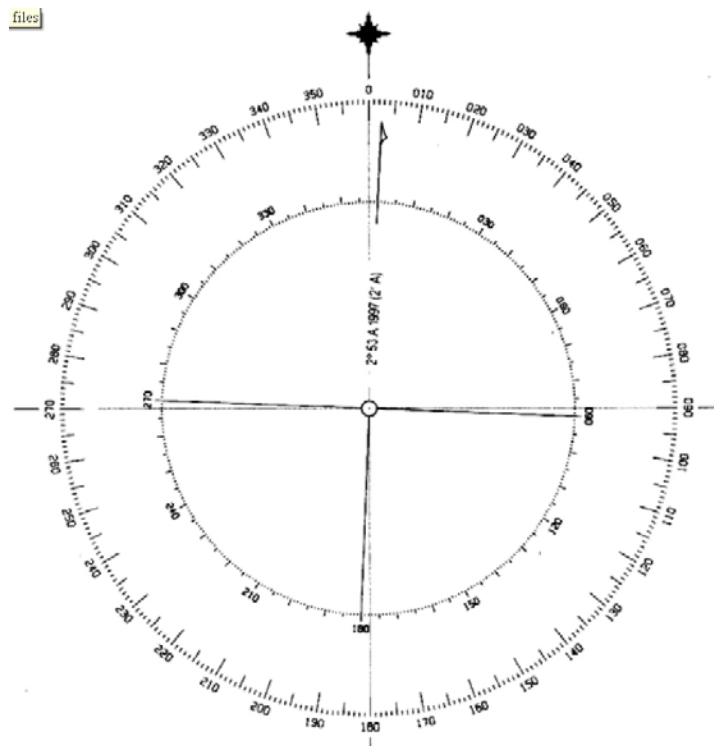
$$K=1/\alpha$$

Για παράδειγμα, ένας χάρτης με κλίμακα 1:50.000 (ένα προς πενήντα χιλιάδες) υποδηλώνει ότι 1 cm στον χάρτη αντιστοιχεί σε 50.000 cm (ή 500 m) στην πραγματική διάσταση της χαρτογραφημένης περιοχής.

Εκτός από την κλίμακα γεωγραφικού πλάτους και μήκους που πλαισιώνει τον χάρτη, πιθανώς να υπάρχει και μια γραφική κλίμακα, με την μορφή βαθμονομημένης γραμμής που αντιπροσωπεύει με μονάδες αποστάσεων στο έδαφος (συνήθως σε χιλιόμετρα ή μίλια).

Προσανατολισμός

Συνήθως οι χάρτες είναι προσανατολισμένοι με το πάνω μέρος τους προς τον βορρά. Ωστόσο, υπάρχουν γραφικά σύμβολα που επιβεβαιώνουν την αρχή αυτή. Ένα ιδιαίτερο σύμβολο είναι το *Ανεμολόγιο Ναυτικού Χάρτη* (compass rose).



Εικόνα 8. Το ανεμολόγιο ναυτικών χαρτών

Πρόκειται για χάρτινο δίσκο που αναπαριστά τον ορίζοντα, η περιφέρεια του οποίου υποδιαιρείται από 0° έως 360° (στη πράξη το σημείο 0° είναι το αυτό των 360°) και φέρει δύο διαμέτρους κάθετες από τις οποίες η μία δείχνει τη μεσημβρινή γραμμή με άκρα τα σημεία του ορίζοντα Β (Βορρά) και Ν (Νότου) και η άλλη τη γραμμή του πρώτου καθέτου με άκρα τα σημεία του ορίζοντα Α (Απηλιώτη - Ανατολή) και Ζ (Ζέφυρο -Δύση). Έτσι ο δίσκος διαιρείται σε 4 τεταρτοκύκλια, προς 90 μοίρες έκαστο, το πρώτο Β-Α, το δεύτερο Ν-Α, το τρίτο Ν-Ζ και το τέταρτο Β-Ζ. Τα ανεμολόγια χρησιμεύουν εκτός του προσδιορισμού των

ανέμων στη μέτρηση πλεύσεων, διοπτύσεων, ραδιοδιοπτύσεων, και του αζιμούθιου. Ο εσωτερικός κύκλος του ανεμολογίου ονομάζεται **Μαγνητικό Ανεμολόγιο**. Διαιρείται σε 360°, με τον μαγνητικό Βορρά να βρίσκεται στις 0° και 360°. Λόγω της μη ταύτισης του γεωγραφικού με τον μαγνητικό βορρά, τα σταυρόνημα των δύο ομόκεντρων κύκλων του ανεμολογίου δεν συμπίπτουν. Η διαφορά αυτή ονομάζεται **Απόκλιση** και διαφέρει από τόπο σε τόπο. Στο κέντρο του ανεμολογίου αναφέρεται και η ετήσια απόκλιση της περιοχής. Έτσι, όταν στο ανεμολόγιο υπάρχει η ένδειξη 2° 53' A 1997 (2' A) σημαίνει ότι η Απόκλιση στο συγκεκριμένο σημείο ήταν 2° 53' Ανατολική του 1997 και αυξάνεται (με κατεύθυνση Ανατολική) κατά 2' το έτος. Επομένως, το 2008 η Απόκλιση θα πρέπει να είναι: 2° 53' + 0° 22' (0° 02' x 11 έτη) = 3° 15' Ανατολική.

2.2.2. Απεικόνιση της ξηράς και της ακτογραμμής

Ακτογραμμή

Η ακτογραμμή είναι το όριο μεταξύ της στεριάς και της θάλασσα και ταυτίζεται με την ισοβαθή του «μηδέν».

Επειδή η στάθμη της θάλασσας μεταβάλλεται συνεχώς, η μέτρηση των βαθών και η επακόλουθη απεικόνισή τους στους ναυτικούς και βυθομετρικούς χάρτες, πρέπει να αναχθεί σε ένα σταθερό οριζόντιο επίπεδο αναφοράς το οποίο λέγεται *Επίπεδο Αναγωγής Βολισμάτων* (sounding datum). Στην Ελλάδα το Ε.Α.Β. ταυτίζεται με την χαμηλότερη στάθμη της παλίρροιας (δηλαδή την *Κατωτάτη Ρηχία - Κ.Τ.Π.*) έτσι ώστε, σχεδόν πάντοτε, τα πραγματικά βάθη στην περιοχή να μην είναι μικρότερα από αυτά που απεικονίζονται στους χάρτες, για λόγους ασφάλειας της ναυσιπλοΐας. Η Κ.Τ.Π. είναι το ελάχιστο ύψος της επιφάνειας της θάλασσας που παρατηρήθηκε τα τελευταία 18,6 χρόνια, τουλάχιστον.

Επισημαίνεται ότι το σημείο «μηδέν» των ναυτικών και βυθομετρικών χαρτών δεν συμπίπτει με το τοπογραφικό σημείο μηδέν, το οποίο ορίζεται ως η *Μέση Στάθμη της Θάλασσας* (Μ.Σ.Θ.), δηλαδή το μέσο ύψος της επιφάνειας της θάλασσας που προκύπτει από παρατηρήσεις που λαμβάνονται ανά ίσα χρονικά διαστήματα για μία μακροχρόνια περίοδο που κατά προτίμηση πρέπει να είναι τουλάχιστον 18,6 έτη.

Πρακτικά, το «μηδέν» των ελληνικών ναυτικών χαρτών είναι, κατά μέσο όρο, περίπου 50 cm χαμηλότερα από το «μηδέν» των τοπογραφικών χαρτών και, επομένως, η ακτογραμμή στους ναυτικούς χάρτες είναι μετατοπισμένη κατά τι προς τη θάλασσα.

Ωστόσο, το «μηδέν» ενός ναυτικού χάρτη μπορεί να διαφέρει από το αντίστοιχο «μηδέν» κάποιου άλλου ναυτικού χάρτη. Για παράδειγμα, σε περιοχές με μεγάλο παλιρροιακό εύρος, η Κατώτατη ρηχία είναι σε χαμηλότερο επίπεδο (π.χ. στη Βόρεια Γαλλία είναι 4 μέτρα κάτω από το απόλυτο τοπογραφικό «μηδέν») από ότι σε περιοχές με μικρό παλιρροιακό εύρος (π.χ. στη Ελλάδα είναι 0,5 μέτρα κάτω από το απόλυτο τοπογραφικό «μηδέν»).

Το είδος της ακτής

Η αποτύπωση της μορφολογίας μιας ακτής πάνω σε ένα ναυτικό χάρτη είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ασφαλή προσέγγιση των περιοχών αυτών από τα σκάφη. Συνήθως γίνεται μια απλουστευμένη ταξινόμηση και χρησιμοποιούνται διάφορα σύμβολα, όπως ένα νέφος τελειών για αμμώδεις παραλίες, κάθετες πυκνές γραμμές για απόκρημνες βαραχώδεις ακτές κ.ά.. Επιπλέον, είναι δυνατό να δίνονται πληροφορίες για το αν μια παράκτια περιοχή είναι ελώδης, δενδοφυτεμένη, άγονη κ.ά.

Ξηρά

Η γραφική απεικόνιση του χερσαίου τμήματος μιας περιοχής είναι σχετικά απλή και έχει συνήθως κίτρινο φόντο. Περιλαμβάνονται περιορισμένες πληροφορίες για το υψόμετρο

(ισοϋψείς ανά 100 m, ύψη κορυφών βουνών και λόφων), το υδρογραφικό και συγκοινωνιακό δίκτυο καθώς και ονόματα οικισμών, χωριών ή πόλεων.

Προβολή σταθερών σημείων

Ένα από τα απαραίτητα δεδομένα που περιλαμβάνει ένας ναυτικός χάρτης είναι η προβολή των **φάρων** με τα διακριτικά τους και τα τόξα ορατότητάς τους. Οι φάροι είναι κτίσματα που οικοδομούνται σε διάφορα σημεία των ηπειρωτικών και, νησιωτικών ακτών, στην κορυφή των οποίων υπάρχει ειδικός μηχανισμός που φωτοβολεί (εκπέμπει) φως. Για πολλούς αιώνες αποτελούν ένα ιδιαίτερο βοηθητικό μέσο στην ασφαλή ναυσιπλοΐα. Το σύνολο των εγκατεστημένων φάρων, η διάταξή τους και τα χαρακτηριστικά εκάστου αποτελούν το φαρικό σύστημα της Χώρας που περιλαμβάνεται σε ειδικά ναυτιλιακά βοηθήματα, τους Φαροδείκτες. Αρμόδια Υπηρεσία ελέγχου και γενικής εποπτείας του ελληνικού φαρικού συστήματος είναι η Υπηρεσία Φάρων, ανεξάρτητη Υπηρεσία του Ελληνικού Πολεμικού Ναυτικού.

Επιπρόσθετα, για τη διευκόλυνση των ναυτιλομένων και τον καλύτερο προσανατολισμό τους, οι ναυτικοί χάρτες περιλαμβάνουν πολλές φορές κάποια ευδιάκριτα σταθερά σημεία επί της χέρσου («σημάδια»), όπως εκκλησίες, κάστρα, γέφυρες, πηγές κ.ά., έτσι ώστε να είναι δυνατή η άμεση αναγνώρισή τους σε περίπτωση ανάγκης. Ωστόσο, στους χάρτες υπάρχουν πολλά σφάλματα που σχετίζονται με την ακριβή θέση των παραπάνω σημειακών και γραμμικών συμβόλων ή με τα ονόματα των τοποθεσιών. Για αυτό οι χάρτες αναθεωρούνται και βελτιώνονται με νέες διορθωμένες εκδόσεις.

2.2.3. Απεικόνιση του θαλάσσιου πυθμένα

Το βάθος της θάλασσας (σημεία και ισοβαθείς)

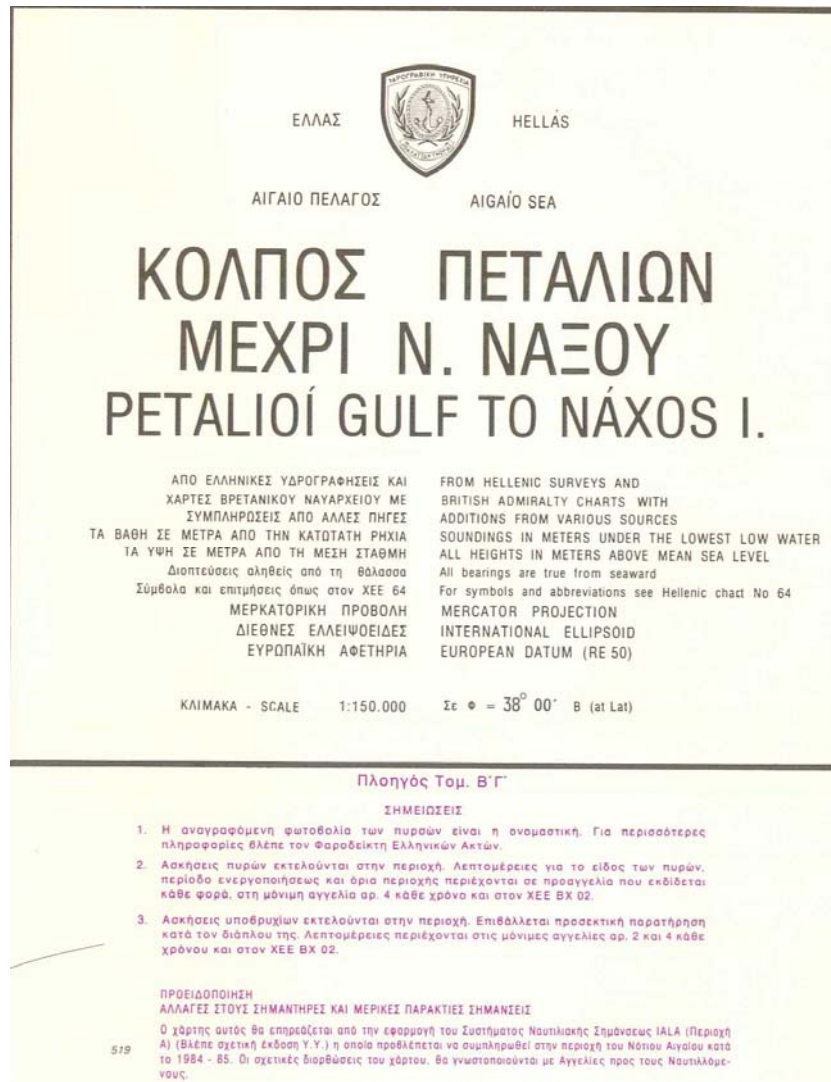
Όταν ένας χάρτης απεικονίζει με μεγάλη λεπτομέρεια μια υποθαλάσσια περιοχή ονομάζεται **Βυθομετρικό Διάγραμμα**. Τα βάθη εμφανίζονται συνήθως ως σημεία που δίπλα τους αναγράφεται η τιμή τους με ακρίβεια ενός δεκάτου του μέτρου. Με την σημειακή έκφραση των βαθών μπορεί να συνυπάρξει και η γραμμική απεικόνιση, δηλαδή οι ισοβαθείς. Η ισοδιάστασή τους εξαρτάται από την εφαρμογή του χάρτη, δηλαδή από το πόσο μεγάλη λεπτομέρεια χρειάζεται να προσφέρει στον χρήστη. Τα αβαθή νερά (βάθη μικρότερα των 10 m) χρωματίζονται στον χάρτη με γαλάζιο φόντο έτσι ώστε να είναι ευανάγνωστα από τους ναυτιλομένους.

Το είδος του βυθού

Σε μερικές υποθαλάσσιες περιοχές, όπου έχουν πραγματοποιεί λεπτομερείς επιστημονικές έρευνες, παρέχονται πληροφορίες για τη φύση και τη σύσταση του βυθού. Δηλαδή, ένας βυθομετρικός χάρτης μπορεί να δώσει σε γενικές γραμμές αν ο πυθμένας είναι βραχώδης, αμμώδης ή λασπώδης.

2.2.4. Πληροφορίες για ασφαλή ναυσιπλοΐα

Εκτός από τις γεωγραφικές πληροφορίες που παρέχει ένας ναυτικός χάρτης, επισημαίνει τους διάφορους κινδύνους που πιθανώς να υπάρχουν σε μια περιοχή, όπως την ύπαρξη υφάλων, πεδίων βολής του Πολεμικού Ναυτικού και την διέλευση υποβρυχίων.



Εικόνα 6. Πληροφορίες για το τρόπο κατασκευής ενός ναυτικού χάρτη καθώς και επισημάνσεις για την ασφαλή ναυσιπλοΐα.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

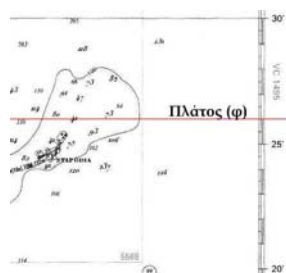
Β. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

1. ΤΟΠΟΘΕΣΗ ΚΑΙ ΕΥΡΕΣΗ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ

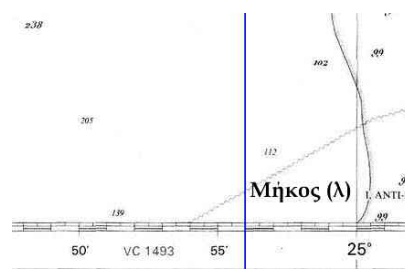
Ο χάρτης πλαισιώνεται από δύο κλίμακες: (α) την κλίμακα του πλάτους που βρίσκεται αριστερά και δεξιά, και (β) την κλίμακα του μήκους που βρίσκεται στο πάνω και στο κάτω μέρος του χάρτη.



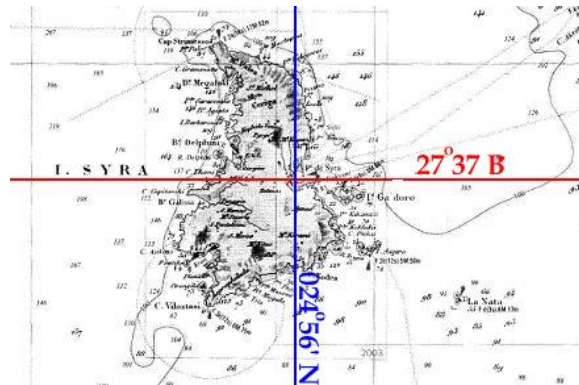
Για να τοποθετήσουμε το στίγμα $\varphi=37^{\circ}27' B$ και $\lambda=024^{\circ}56' A$ στο χάρτη προσδιορίζουμε στην κλίμακα του πλάτους (δεξιά και αριστερά) την τιμή $37^{\circ}27' B$



Στη συνέχεια προσιορίζουμε στην κλίμακα του μήκους (κάτω και πάνω) την τιμή $024^{\circ}56' A$



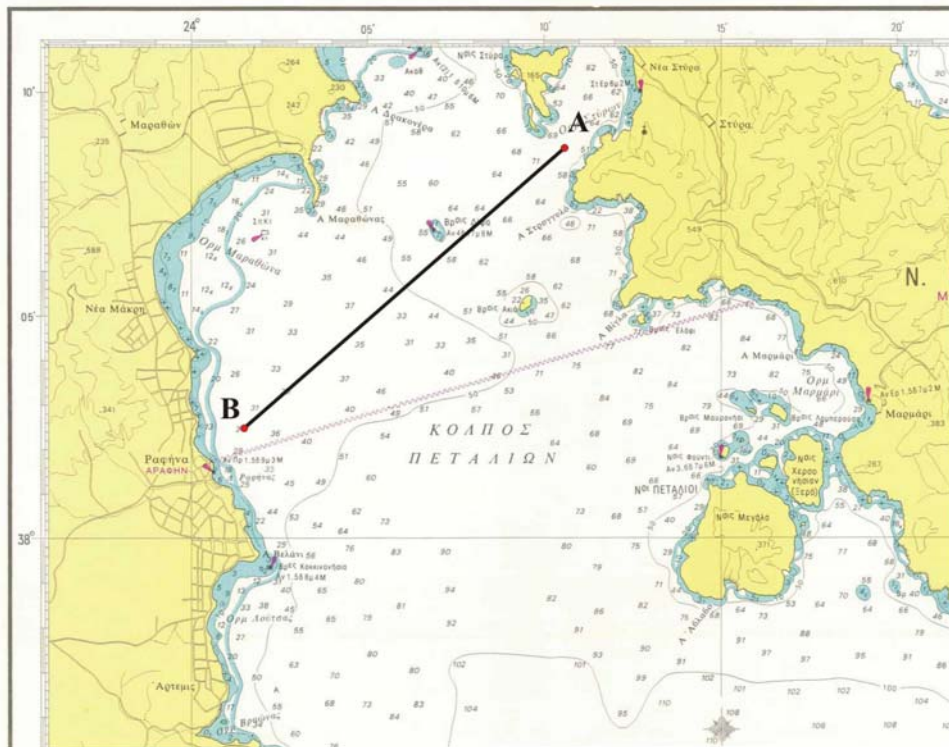
Το στίγμα που αναζητάμε είναι η τομή των δύο αυτών κάθετων ευθειών. Στο παράδειγμα, το στίγμα αυτό είναι στην Ερμούπολη της Σύρου.



Με ανάλογο τρόπο προσδιορίζεται το στίγμα μιας περιοχής πάνω στον χάρτη. Έχοντας μία κουκίδα στο στίγμα που αναζητάμε, χαράσσουμε τις δύο γραμμές του μήκους και του πλάτους που διέρχονται από την κουκίδα και σημειώνουμε τις αντίστοιχες τιμές από τις κλίμακες του μήκους και του πλάτους στο πλαίσιο του χάρτη.

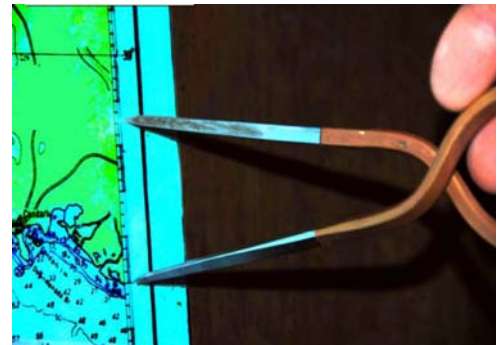
2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΔΥΟ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΑΖΙΜΟΥΘΙΟΥ

Τοποθετούμε τα δύο στίγματα πάνω στον ναυτικό χάρτη, όπως στην Άσκηση 1. Με έναν γνώμονα χαράσσουμε την ευθεία που ενώνει τα δυο στίγματα.



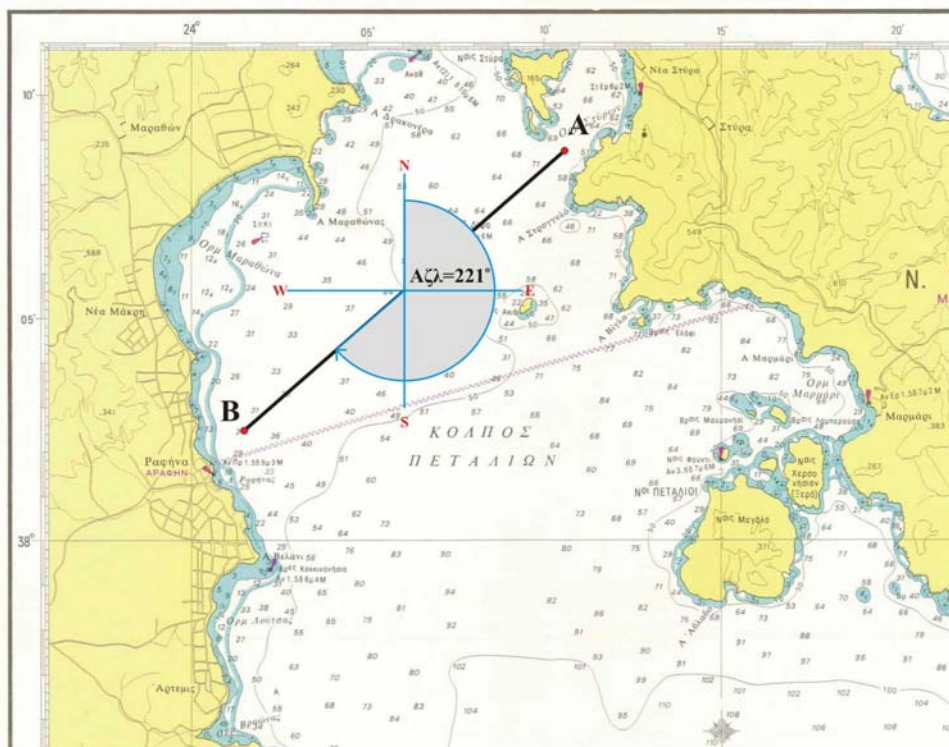
Μετράμε την απόσταση με τον γνώμονα ή ανοίγουμε ένα κουμπάσο έτσι ώστε οι δυο του ακίδες να ακουμπίσουν πάνω στις δυο κουκίδες (A και B) του χάρτη και προβάλουμε στην

κλίμακα του πλάτους (δεξιά ή αριστερά). Στο παράδειγμα, η απόσταση είναι 9,72 μίλια (18 km)



Η απόσταση μεταξύ των δυο στιγμάτων ανάγεται σε μίλια.

Το **Αζιμούθιο** ή **Διόπτευση** μιας διεύθυνσης AB είναι η γωνία σε μοίρες που σχηματίζεται από την κατεύθυνση του Βορρά και της διεύθυνσης AB κατά την φορά των δεικτών του ρολογιού. Για παράδειγμα στην παρακάτω εφαρμογή το αζιμούθιο της ευθείας AB είναι 221° .



3. ΔΙΑΤΟΜΗ ΠΥΘΜΕΝΑ (ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΗ)

Η σχεδίαση μιας διατομής πυθμένα (βυθομετρικής (δια-)τομής) κατά μήκος του ίχνους μιας γραμμής AB στο ναυτικό ή βαθυμετρικό χάρτη πραγματοποιείται ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

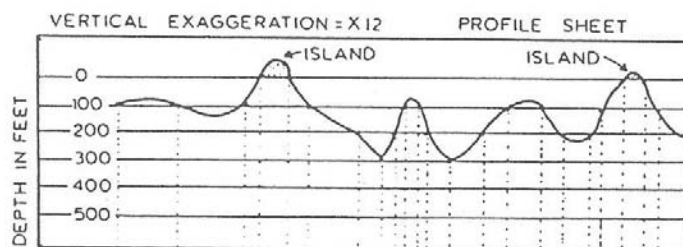
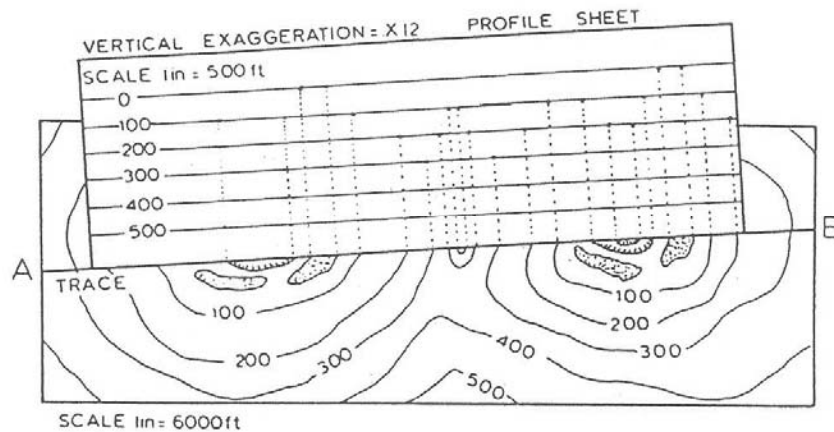
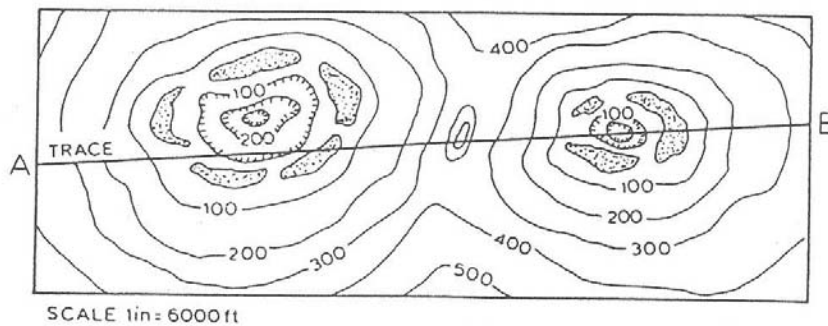
(α) Προσδιορίζεται η συνολική κάθετη διάσταση από το βαθύτερο (π.χ. 71 m) έως το ρηχότερο (π.χ. 31 m) σημείο του βυθού. Σε περίπτωση αβαθών νερών το ρηχότερο σημείο μπορεί να αντικατασταθεί από το σημείο 0, δηλαδή από την επιφάνεια της θάλασσας.

(β) Αποφασίζεται η μεγένθυση του άξονα των τεταγμένων, δηλαδή της κάθετης κλίμακας (vertical exaggeration) και στη συνέχεια η εν λόγω κλίμακα υποδιαιτείται σε κλάσματα (π.χ. του 1 m, 5 m ή 10 m κ.ά.), ώστε να είναι εύκολη η χρήση της.

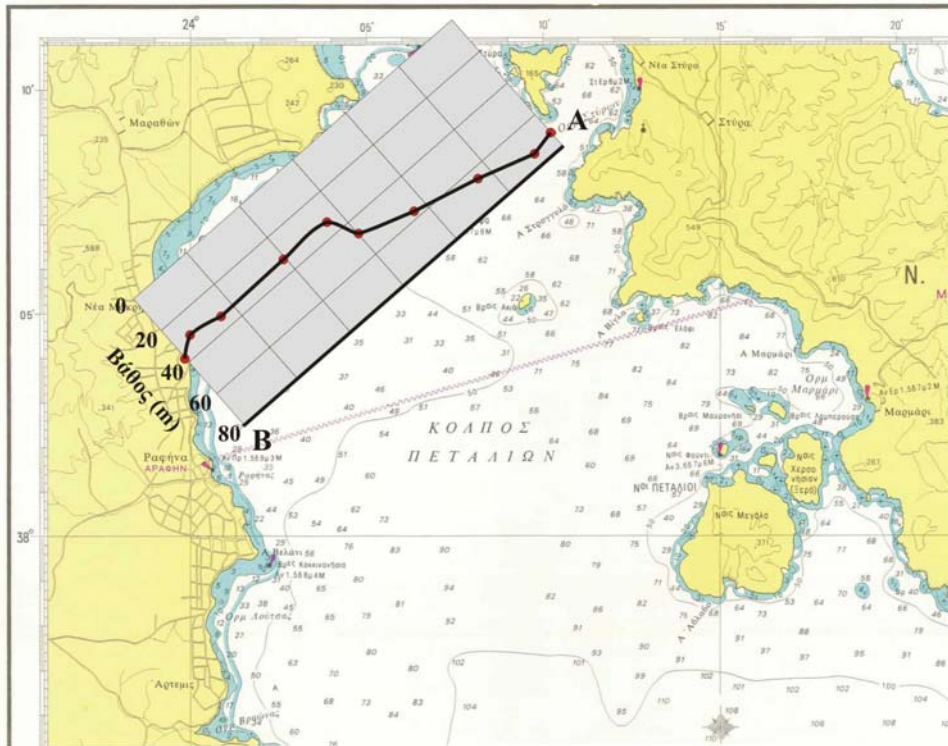
(γ) Προσαρμόζεται το υπο κλίμακα διάγραμμα πάνω στο ίχνος της τομής AB.

(δ) Σχεδιάζονται στο διάγραμμα κατακόρυφες γραμμές που ξεκινούν από το ίχνος της τομής και φτάνουν μέχρι το σημείο που αντιστοιχεί στο σχεδιαστικό βάθος.

(ε) Ενώνονται με μια καμπύλη γραμμή όλα τα σημεία στο σχεδιαστικό διάγραμμα. Η γραμμή αυτή είναι η δισδιάστατη απεικόνιση του βυθού.



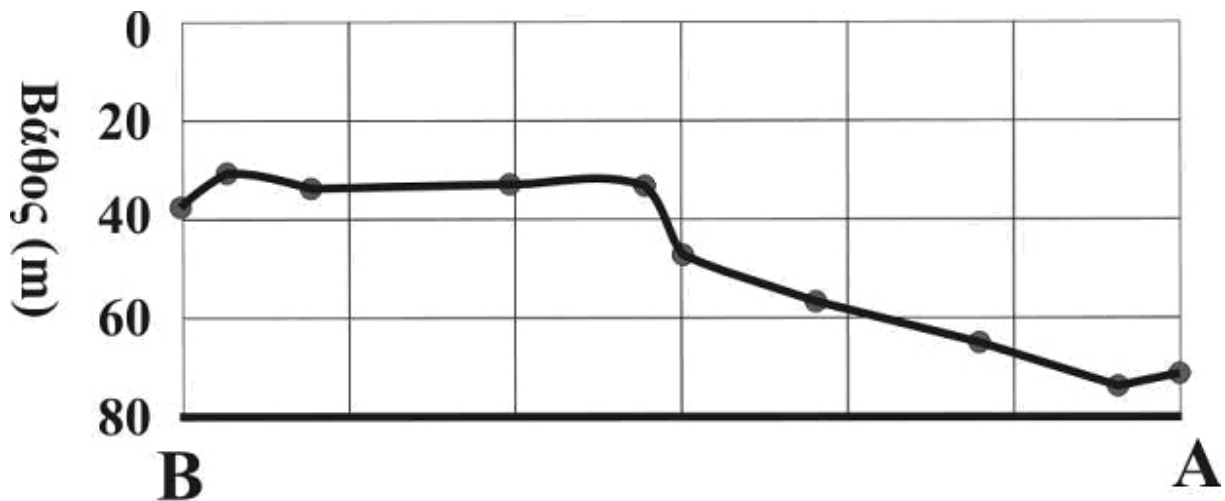
Στο παράδειγμα του Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου η διατομή της γραμμής AB δίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Για την εύρεση της κάθετης μεγένθυσης δίνεται από τον τύπο:

$$VE = \text{οριζόντια κλίμακα} / \text{κάθετη κλίμακα.}$$

Για την αναύρεση των επι μέρους κλιμάκων (οριζόντιας και κάθετης) ανατρέχουμε στο σχεδιαστικό διάγραμμα και υπολογίζουμε τις διαστάσεις του. Έτσι, στο παράδειγμα του Νότιου Ευβοϊκού ο υπολογισμός της κάθετης μεγένθυσης ακολούθησε την εξής διαδικασία:



Πραγματική οριζόντια απόσταση AB = 18.000.000 cm

Γραφική οριζόντια απόσταση AB = 12 cm

Κλίμακα: 1:150.000

Πραγματική κάθετη απόσταση B0 = 8.000 cm

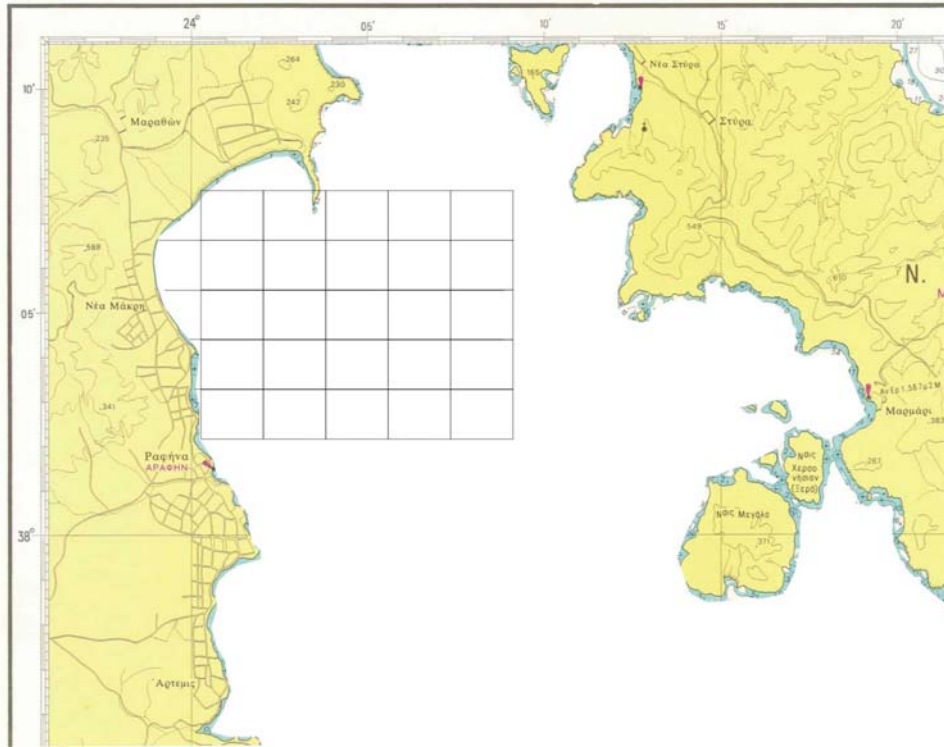
Γραφική κάθετη απόσταση AB = 4,7 cm

Κλίμακα: 1:1.700

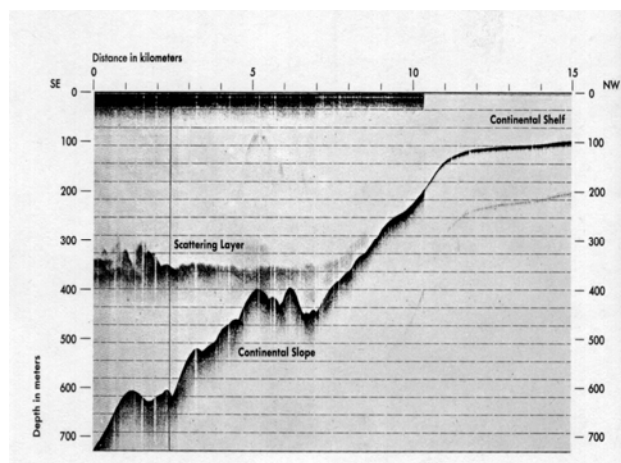
Κάθετη Μεγέθυνση = $150.000/1.700 = \times 88,2$

4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Ένας βυθομετρικός χάρτης κατασκευάζεται αφού πρώτα γίνει μια λεπτομερής βυθομετρική έρευνα στην περιοχή μελέτης. Συνήθως, προσχεδιάζεται ένας πυκνός κানাβος πορειών του πλοίου. Οι πορείες αυτές για χάρην ευκολίας έχουν έναν προσανατολισμό βορράς-νότος ή ανατολή-δύση. Μερικές φορές ακολουθείται ο συνδυασμός και των δύο προσανατολισμών.



Μετά την έρευνα στο πεδίο, οι τομές που έχει παράξει από το βυθόμετρο σε συνδυασμό με την γεωγραφική θέση της κάθε βυθομετρικής ένδειξης, όπου τα τελευταία χρόνια δίνεται με μεγάλη ακρίβεια με την βοήθεια ενός GPS, προβάλλονται στον χάρτη.

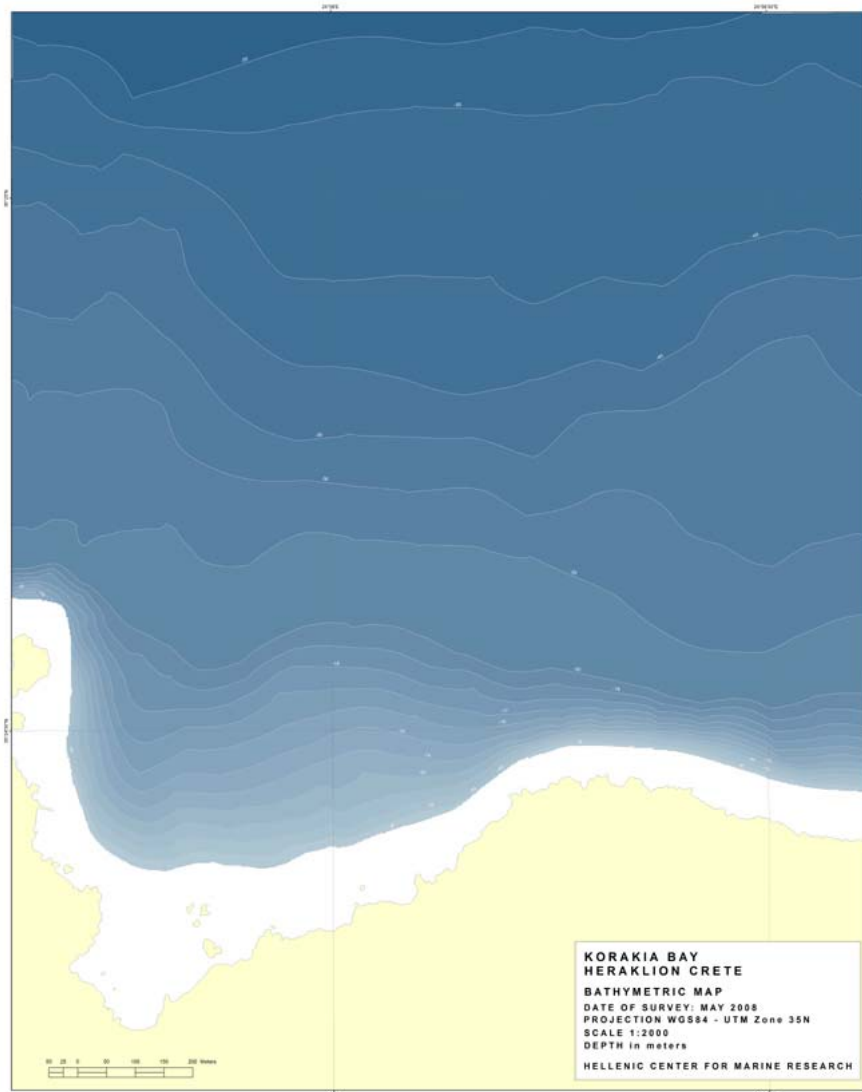


Στη συνέχεια, τα βάθη με τις ίδιες τιμές ενώνονται γραφικά με μια καπύλη γραμμή (ισοϋψή) προσέχοντας να εφαρμόζονται πιστά οι παρακάτω κανόνες:

- Μια ισοβαθής ποτέ δεν διαιρείται ή σπάζει.
- Μια ισοβαθής ποτέ δεν σταματά παρά μόνο στο εξωτερικό πλαίσιο του χάρτη.

- Μια ισοβαθής αντιπροσωπεύει ένα μόνο βάθος
- Μια ισοβαθής ποτέ δεν τέμνει άλλη ισοβαθή (εξαιρέση αποτελούν οι ανεστραμμένοι κρημνοί)
- Οι ισοβαθείς έχουν σχήμα V, όταν περνούν πάνω από μια υποθαλάσσια κοιλάδα (canyon). Η αιχμή του “V” πάντοτε τον άνω ρου του canyon.
- Πυκνές μεταξύ τους ισοβαθείς αντιπροσωπεύουν βυθό με μεγάλη κλίση, ενώ αραιές μεταξύ τους ισοβαθείς δείχνουν υποθαλάσσιες περιοχές με ομαλή κλίση.
- Συγκεντρικές ισοβαθείς με μειούμενα βάθη προς το κέντρο δηλώνουν τοπογραφικές εξάρσεις, π.χ. υποθαλάσσιους λόφους ή βουνά.
- Συγκεντρικές ισοβαθείς με αυξανόμενα βάθη προς το κέντρο δηλώνουν τοπογραφικά βυθίσματα, π.χ. υποθαλάσσιες χύτρες.

Στο τέλος, γίνονται οι κατάλληλες διορθώσεις των βαθών σε σχέση με την κατώτερη ρηχία, τοποθετούνται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες που αφορούν στον σχεδιασμό του χάρτη (π.χ. κλίμακα, προσανατολισμός, είδος βυθού) και δίνεται υπόμνημα με τις ερμηνείες των διαφόρων συμβόλων που έχουν χρησιμοποιηθεί.



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

Γ. ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1. Να προσδιοριστούν στο χάρτη οι συντεταγμένες των σημείων 1 και 2 στον χάρτη του Κόλπου Πεταλίων (Νότιος Ευβοϊκός Κόλπος):

	φ	λ
1		
2		

2. Να τοποθετηθούν στο χάρτη του Κόλπου Πεταλίων (Νότιος Ευβοϊκός Κόλπος) τα σημεία με τις εξής συντεταγμένες:

	φ	λ
A	38° 07' 39'' N	024° 10' 47'' E
B	38° 06' 36'' N	023° 59' 05'' E
Γ	38° 04' 12'' N	024° 17' 09'' E
Δ	38° 01' 43'' N	024° 00' 39'' E
E	38° 01' 08'' N	024° 14' 25'' E
Z	37° 56' 42'' N	024° 01' 09'' E

3. Να υπολογιστούν η απόσταση και το αζιμούθιο της κάθε πορείας:

	<i>Απόσταση</i>	<i>Αζιμούθιο</i>
A-B		
B-Γ		
Γ-Δ		
Δ-E		
E-Z		

4. Να σχεδιαστεί η βυθομετρική τομή μεταξύ των σημείων 1 και 2 (χάρτης του Κόλπου Πεταλίων) και να υπολογιστεί η κάθετη μεγένθυση αυτής.
5. Να κατασκευαστεί βυθομετρικός χάρτης του Κόλπου Πεταλίων (Νότιος Ευβοϊκός Κόλπος) με βάση τις παρακάτω βυθομετρικές τομές. Χαράξτε τις ισουψείς με ισοδιάσταση 20 μέτρων. Τονίζεται ότι τα βάθη που δίνονται στην άσκηση δεν αντιστοιχούν στα πραγματικά βάθη του χάρτη.
6. Να κατασκευαστούν οι βυθομετρικές τομές 1-2 και A-B με βάση τον χάρτη του Θερμαϊκού Κόλπου.

