

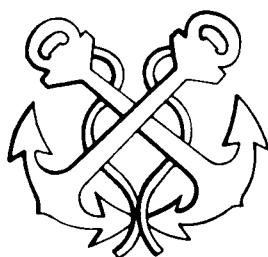


ΑΝΩΤΕΡΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΣΧΟΛΕΣ
ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ
Α.Δ.Σ.Ε.Ν.
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΕΜΠΟΡΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου», προείδε ενωρίτητα και σχημάτισε τη βαθιά πεποίθηση ότι αναγκαίο παράγοντα για την πρόοδο του έθνους αποτελεί η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας σε συνδυασμό προς την ηθική τους αγωγή.

Την πεποίθησή του αυτή την μετέτρεψε σε γενναία πράξη ευεργεσίας, όταν κληροδότησε σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος, που θα είχε ως σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι, τον Φεβρουάριο του 1956 συνεστήθη το «Ίδρυμα Ευγενίδου», του οποίου την διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του Μαρ. Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη. Από τη στιγμή εκείνη άρχισαν πραγματοποιούμενοι οι σκοποί που οραματίστηκε ο Ευγένιος Ευγενίδης και συγχρόνως η εκπλήρωση μιας από τις βασικότερες ανάγκες του εθνικού μας βίου. Το έργο του Ιδρύματος συνέχισε από το 1981 μέχρι το 2000 ο Νικόλαος Βερνίκος-Ευγενίδης· έκτοτε συνεχίζει αυτό ο κ. Λεωνίδας Δημητριάδης-Ευγενίδης.

Κατά την κλιμάκωση των σκοπών του, το Ίδρυμα προέταξε την έκδοση τεχνικών βιβλίων τόσο για λόγους θεωρητικούς όσο και πρακτικούς. Διεπιστώθη πράγματι ότι αποτελεί πρωταρχική ανάγκη ο εφοδιασμός των μαθητών με σειρές από βιβλία, τα οποία θα έθεταν ορθά θεμέλια στην παιδεία τους και θα αποτελούσαν συγχρόνως πολύτιμη βιβλιοθήκη για κάθε τεχνικό.

Ειδικότερα, όσον αφορά στα εκπαιδευτικά βιβλία των σπουδαστών των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού, το Ίδρυμα ανέλαβε τότε την έκδοσή τους σε πλήρη και στενή συνεργασία με τη Διεύθυνση Ναυτικής Εκπαίδευσης του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, υπό την εποπτεία του οποίου υπάγονται οι Σχολές αυτές. Η ανάθεση στο Ίδρυμα έγινε με την υπ' αριθ. 61288/5031, της 9ης Αυγούστου 1966, απόφαση του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, οπότε και συνεκροτήθη και η αρμόδια Επιτροπή Εκδόσεων.

Αποτέλεσμα της συνεργασίας αυτής ήταν η έκδοση της Σειράς Βιβλιοθήκη του Ναυτικού, όπου εξεδόθησαν: α) Για τους μαθητές των Μέσων Ναυτικών Σχολών 30 τόμοι βιβλίων (1967 - 1979). β) Για τις ΑΔΣΕΝ (Ανώτερες Δημοσίες Σχολές Εμπορικού Ναυτικού) 54 τόμοι (1981 - 2001).

Κύριος σκοπός των εκδόσεων αυτών, των οποίων το περιεχόμενο είναι

σύμφωνα με τα εκάστοτε ισχύοντα αναλυτικά προγράμματα του ΥΕΝ, ήταν η παροχή προς τους σπουδαστές των Ναυτικών Σχολών ΑΔΣΕΝ και Ναυτικών Λυκείων των αναγκαίων τότε εκπαιδευτικών κειμένων, τα οποία αντιστοιχούν προς τα μαθήματα που διδάσκονται στις Σχολές αυτές.

Επίσης ελήφθη ιδιαίτερη πρόνοια, ώστε τα βιβλία αυτά να είναι γενικότερα χρήσιμα για όλους τους αξιωματικούς του Εμπορικού Ναυτικού, που ασκούν το επάγγελμα ή εξελίσσονται στην ιεραρχία του κλάδου τους, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι επέρχεται μεταβολή στη στάθμη του περιεχομένου τους.

Με την υπ. αρ. 1168Β/14.6.99 υπουργική απόφαση το Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας ανέθεσε στο Ίδρυμα Ευγενίδου την συγγραφή και έκδοση των διδακτικών εγχειριδίων των Ναυτικών Ακαδημιών ήδη η επιτροπή εκδόσεων του Ιδρύματος, στην οποία μετέχει, όπως πάντα, και ο διευθυντής Ναυτικής Εκπαιδύσεως του ΥΕΝ, προεκήρυξε συμφώνως προς απόφαση του ΥΕΝ την συγγραφή 15 βιβλίων προς κάλυψη επειγουσών αναγκών των σπουδαστών βάσει των ισχυόντων αναλυτικών προγραμμάτων. Τα βιβλία αυτά έχουν συγγραφεί ήδη και ευρίσκονται στο στάδιο της εκδόσεως.

Οι συγγραφείς και η Επιτροπή Εκδόσεων του Ιδρύματος εξακολουθούν να καταβάλλουν κάθε προσπάθεια, ώστε τα βιβλία να είναι επιστημονικά άριστα αλλά και προσαρμοσμένα στις ανάγκες και τις δυνατότητες των σπουδαστών. Γι' αυτό έχουν προσεγμένη γλωσσική διατύπωση των κειμένων τους και η διαπραγμάτευση των θεμάτων είναι ανάλογη προς τη στάθμη της εκπαίδευσής, για την οποία προορίζονται.

Με την προσφορά στους καθηγητές, στους σπουδαστές της ναυτικής μας εκπαίδευσής και σε όλους τους αξιωματικούς του Ε.Ν. των εκδόσεών του, το Ίδρυμα συμβάλλει στην πραγματοποίηση του σκοπού του ιδρυτή του Ευγενίου Ευγενίδου.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, ομ. καθηγητής Α.Β.Σ. Πειραιώς, Πρόεδρος.

Ιωάννης Τεγόπουλος, ομ. καθηγητής ΕΜΠ.

Ιωάννης Τζαβάρας, αντιναύαρχος Λ.Σ. (Ε.Α.).

Δημήτριος Βασιλάκης, πλοίαρχος Λ.Σ., Διευθ. Ναυτ. Εκπ. Υ.Ε.Ν.

Σύμβουλος επί των εκδόσεων του Ιδρύματος **Κων. Μανάφης**, καθηγ. Φιλοσοφικής Σχολής Πανεπιστημίου Αθηνών.

Γραμματέας της Επιτροπής, **Γεώργιος Ανδρεάκος**.

ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ

Μετάφραση στα Ελληνικά από το βιβλίο
«American Practical Navigation»
(Vol. I, Part six «Oceanography» - Pub. No 9)
από τον κ. ΙΩΑΝΝΗ ΖΑΦΕΙΡΟΠΟΥΛΟ
αρχιπλοίαρχο Π.Ν. (ε.α.)
πτυχιούχο Ωκεανογραφίας και Υδρογραφίας

ΑΘΗΝΑ
2006

Reproduced by courtesy of the
Defense Mapping Agency Hydrographic/Topographic Center
Washington, D.C., U.S.A.



Το βιβλίο αυτό με τον τίτλο *Ωκεανογραφία*, είναι μετάφραση από τα αγγλικά του αντίστοιχου τμήματος της αμερικανικής εκδόσεως, *American Practical Navigation (Vol. I, Part six, Oceanography, Pub. No. 9)*.

Το Ίδρυμα Ευγενίδου προέβη στην μετάφραση και έκδοση της *Ωκεανογραφίας* μετά από σχετική έγκριση του *Defense Mapping Agency, Hydrographic/Topographic Center* της 3.4.1985.

Κατά την μετάφραση καταβλήθηκε κάθε δυνατή προσπάθεια για την επιτυχή απόδοση του κειμένου στα ελληνικά, ώστε αυτό να είναι κατανοητό στους Σπουδαστές.

Οι φωτογραφίες του βιβλίου, επειδή έχουν αναπαραχθεί από την αμερικανική έκδοση, ίσως παρουσιάζουν ορισμένες εκτυπωτικές ατέλειες, τις οποίες ελπίζουμε σε μελλοντική επανέκδοση να βελτιώσουμε, αν μας χορηγηθούν τα πρωτότυπα. Επίσης για λόγους τεχνικούς δεν μεταφράστηκαν οι αγγλικοί όροι που είναι τυπωμένοι μέσα στις φωτογραφίες. Η κατανόησή τους όμως δεν θα παρουσιάσει καμιά δυσκολία στους αναγνώστες, δεδομένου ότι οι όροι αυτοί ερμηνεύονται στο κείμενο ενώ δίπλα τους σε παρένθεση υπάρχει και η αγγλική ορολογία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΟΙ ΩΚΕΑΝΟΙ

1.1 Ωκεανογραφία.

Είναι η εφαρμογή των επιστημών στη μελέτη των φαινομένων των ωκεανών. Η ωκεανογραφία ασχολείται ειδικότερα με τη μελέτη γενικά του σχηματισμού των ωκεανών, καθώς και με τα φυσικά, χημικά, γεωλογικά και βιολογικά χαρακτηριστικά τους. Έτσι ο κλάδος αυτός ενώνει και υπερκαλύπτει τους ξεχωριστούς τομείς της γεωγραφίας, γεωλογίας, χημείας, φυσικής και βιολογίας. Πολλές υποδιαιρέσεις αυτών των επιστημών, όπως η ιζηματολογία, οικολογία (βιολογική σχέση μεταξύ των οργανισμών και του περιβάλλοντός τους), βακτηριολογία, βιοχημεία, υδροδυναμική, ακουστική και οπτική έχουν εκτεταμένα μελετηθεί στους ωκεανούς.

Οι ωκεανοί καλύπτουν 70,8% της επιφάνειας της γης. Συγκεκριμένα ο Ατλαντικός καλύπτει 16,2%, ο Ειρηνικός 32,4% (3,2% περισσότερο από τη χερσαία περιοχή όλης της γης), ο Ινδικός 14,4 και τα υφαλοπλαίσια και οι προσκείμενες θάλασσες (από τις οποίες η πιο μεγάλη είναι ο Αρκτικός ωκεανός) 7,8%. Η έκταση και μόνο των ωκεανών τους καθιστά θέμα μελέτης. Το μεγαλύτερο όμως κίνητρο γι' αυτό βρίσκεται στη σημασία τους για τις μεταφορές, στην επίδρασή τους στον καιρό και στο κλίμα και στην αξία τους ως πηγών ενέργειας, τροφής, πόσιμου νερού, καθώς και ανοργάνων και οργανικών ουσιών.

1.2 Ιστορία της ωκεανογραφίας.

Οι αρχικές μελέτες των ωκεανών αφορούσαν κυρίως στα προβλήματα της ναυσιπλοΐας. Οι πληροφορίες οι σχετικές με παλίρροιας, ρεύματα, ηχοβολήσεις, πάγο και αποστάσεις μεταξύ των διαφόρων λιμανιών ήσαν απαραίτητες, καθώς το ωκεάνειο εμπόριο αναπτυσσόταν. Σύμφωνα με τον ιστορικό και φιλόσοφο Ποσειδώνιο, είχε μετρηθεί βάθος 1000 οργυιών στη θάλασσα της Σαρδηνίας, στις αρχές του δεύτερου αιώνα π.Χ. Περί τα μέσα του 19ου αιώνα οι θεωρίες του Δαρβίνου περί εξελίξεως έδωσαν μεγάλη ώθηση στη συλλογή θαλασσιών οργανισμών, επειδή πιστευόταν από τότε από μερικούς, ότι όλες οι γήινες μορφές έχουν εξελιχθεί από ωκεάνειους προγόνους. Αργότερα, η

σοβαρή μείωση πολλών αλιευμάτων προκάλεσε την ανάγκη για έρευνα της σχέσεως των οικονομικά αξιόλογων οργανισμών προς τα φυσικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντός τους, ειδικότερα στη Βορειοδυτική Ευρώπη και έξω από τις ακτές της Ιαπωνίας. Ακόμη μεταγενέστερα, η αυξανόμενη σημασία των ωκεανών στις πολεμικές αποστολές, ιδίως μετά από τη χρησιμοποίηση των υποβρυχίων, απαιτούσε την καταβολή μεγάλων προσπαθειών γύρω από τα προβλήματα εντοπισμού και επιθέσεως κατά εχθρικών στόχων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την επιστημονική μελέτη πολλών απόψεων που αφορούν στις θάλασσες, στις οποίες προηγουμένως δεν δινόταν προσοχή.

Ωκεανογραφική έρευνα.

Η έρευνα των θαλασσών ήταν αρχικά και μέχρι το 19ο αιώνα μόνο γεωγραφική, παρά το γεγονός, ότι οι συνεχείς και αυξανόμενες παρατηρήσεις των ναυτικών, όπως έχουν καταγραφεί στους πρώτους χάρτες και οδηγίες πλου, περιελάμβαναν συχνά στοιχεία σχετικά με τις παλίρροιας, τα ρεύματα και τα άλλα ωκεανογραφικά φαινόμενα.

Τα μεγάλα εξερευνητικά ταξίδια, κατά κύριο λόγο αυτά που άρχισαν στα 1768 με τον πλοίαρχο Κουκ και συνεχίστηκαν από θαλασσοπόρους, όπως ο Λα Περούζ, ο Μπελινγκσχάουζεν και ο Γουίλκς, εγκωμιάστηκαν ακόμη και από επιστήμονες. Παρά ταύτα η επιστημονική εργασία στους ωκεανούς εκείνη την περίοδο ήταν πολύ περιορισμένη, λόγω της ελλείψεως καταλλήλων μηχανημάτων και συσκευών για τον έλεγχο των συνθηκών, κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Στο μεταξύ ο αντιπλοίαρχος του αμερικανικού πολεμικού ναυτικού Μάθιου Φονταίν Μάουρυ, που εργαζόταν στο πρωτοποριακό Υδρογραφικό Γραφείο του Πολεμικού Ναυτικού των Ηνωμένων Πολιτειών, στην Ουάσιγκτων, προώθησε σε υψηλό βαθμό τελειότητας την ανάλυση των παρατηρήσεων που είχαν καταγραφεί στο επίσημο ημερολόγιο του πλοίου του. Τα πρώτα του συμπεράσματα, τα οποία και δημοσιεύθηκαν στα 1848, είχαν πολύ μεγάλη σημασία για τους χειρισμούς των πλοίων σχετικά με την υπόδειξη ευνοϊκών πορειών πλεύσεως, με αποτέλεσμα να προκαλέσουν διεθνή συνεργασία στους τομείς της ωκεανογραφίας και της ναυτικής μετεωρολογίας.

Καθώς η τεχνολογία μετά το 1850 προχωρούσε με γοργά βήματα, δεν παραμελήθηκαν τα ζητήματα του ωκεανογραφικού εξοπλισμού. Το Βρετανικό ναυτικό στα 1872-1876 μπόρεσε να αποστείλει το πλοίο της Αυτού Μεγαλειότητας ***Τσόλλεντζερ*** σε παγκόσμιο ταξίδι, που ήταν και η πρώτη παγκόσμια καθαρά ωκεανογραφική αποστολή σε βαθιά νερά. Τα δείγματα του βυθού που συνέλεξε το πλοίο, όπως αναλύθηκαν από τον σερ Τζων Μάρρεϋ, έθεσαν τα θεμέλια της γεωλογικής ωκεανογραφίας και 77 δείγματα θαλασσινού νερού, όπως αναλύθηκαν από τον C.R. Dittmar, απέδειξαν για πρώτη φορά ότι τα διάφορα συστατικά των αλάτων της θάλασσας συναντώνται παντού με την ίδια πρακτική αναλογία.

Από εκείνη την εποχή μέχρι σήμερα, τα παράκτια ύδατα πολλών κρατών και οι εξάρσεις του βυθού τους που είναι κατάλληλοι για αλιεία, έχουν μελετηθεί εντατικά, ενώ πολυάριθμα σκάφη διαφόρων εθνικοτήτων έχουν διεξαγάγει ωκεανογραφικές έρευνες στην ανοικτή θάλασσα. Ανάμεσα τους φημισμένα

υπήρξαν: το αμερικανικό **Άλμπατρος**, από το 1882 μέχρι το 1920' το αυστριακό **Πόλα** στη Μεσόγειο και στην Ερυθρά θάλασσα, μεταξύ 1890 και 1896' το δανέζικο **Ντάνα**, το οποίο κατά τη διάρκεια των ταξιδιών του, μεταξύ 1920 και 1922, ανακάλυψε την τοποθεσία στη θάλασσα Σαργκάσσο, όπου γεννιούνται τα χέλια του ευρωπαϊκού τύπου' το αμερικανικό **Κάρνεγκι** από το 1927 ως το 1929' το γερμανικό **Μέτεορ** στον Ατλαντικό από το 1928 μέχρι το 1938, καθώς και το βρετανικό **Ντισκάβερυ II** στον Ανταρκτικό ωκεανό, μεταξύ των ετών 1930 και 1939. Αξιοσημείωτες ήταν επίσης οι ειδικές αποστολές, στους συμπαγείς πάγους του Αρκτικού ωκεανού των νορβηγικών πλοίων **Φραμ** και **Μάουντ**, από το 1893 μέχρι το 1896 και από το 1918 μέχρι το 1925 αντίστοιχα' αναφέρεται εδώ η απόπειρα του σερ Τζωρτζ Χιούμπερτ Γουίλκινς να κινηθεί κάτω από τον πάγο με το βρετανικό υποβρύχιο **Ναυτίλος** το 1931 καθώς και η εγκατάσταση του ρωσικού σταθμού, στο βόρειο πόλο το 1937, από τον οποίο γίνονταν παρατηρήσεις του συμπαγή πάγου που επέπλεε.

Την ίδια εποχή έρευνες που διεξάγονταν κοντά στην ακτή, υπό την καθοδήγηση των Έλλεντ-Χάνσεν στη Νορβηγία και των Έκμαν και Μπιγιέρκνες στη Σουηδία, δημιούργησαν το θεωρητικό υπόβαθρο για την ερμηνεία των ωκεανείων ρευμάτων. Τότε και ο Μάρτιν Κνούτσεν στη Δανία κατόρθωσε να μελετήσει τις ακριβείς λεπτομέρειες του συσχετισμού μεταξύ χλωριώσεως, αλμυρότητας και πυκνότητας, με αποτέλεσμα να καταστεί δυνατόν να επαληθευθούν οι θεωρίες με παρατηρήσεις πεδίου.

Κατά τη διάρκεια του δεύτερου παγκόσμιου πολέμου οι κυριότερες βασικές έρευνες διακόπηκαν, επειδή αντικαταστάθηκαν με εργασίες σε θέματα στρατιωτικών εφαρμογών της ωκεανογραφίας. Οι αποστολές βαθέων υδάτων ανανεώθηκαν μετά τον πόλεμο από το σουηδικό πλοίο **Άλμπατρος**, το οποίο ακολούθησαν το δανικό **Γαλάτεια**, το δεύτερο βρετανικό **Τσάλλεντζερ** (που ναυπηγήθηκε το 1931) και το **Ντισκάβερυ II** στην Ανταρκτική, καθώς και πλοία του αμερικανικού ιδρύματος Σκριπς στον Ειρηνικό ωκεανό. Ωκεανογραφική έρευνα διεξαγόταν από Αμερικανούς και Ρώσους στον Αρκτικό ωκεανό.

1.3 Προέλευση των ωκεανών.

Αν και πολλοί σημαίνοντες γεωλόγοι διαφωνούν ακόμη με το συμπέρασμα ότι η δομή των ηπείρων είναι στη βάση της διαφορετική από τη δομή των ωκεανών, υπάρχουν αυξανόμενες ενδείξεις για να υποστηριχθεί η θεωρία ότι οι βράχοι που βρίσκονται κάτω από τα εδαφικά στρώματα του βυθού των ωκεανών, είναι περισσότερο πυκνοί από αυτούς που βρίσκονται κάτω από τις ηπείρους. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, ο φλοιός της γης επιπλέει επάνω σε ένα κεντρικό υγρό πυρήνα, τα δε τμήματα που αποτελούν τις ηπείρους, επειδή είναι ελαφρότερα, επιπλέουν με μεγαλύτερο βαθμό ελευθερίας. Έτσι οι πιο λεπτές περιοχές που αποτελούνται από βαρύτερο βράχο, σχηματίζουν λεκάνες, όπου έχει συγκεντρωθεί το νερό.

Το σχήμα των ωκεανών μεταβάλλεται συνεχώς, επειδή οι ήπειροι επιπλέουν και **παρασύρονται** (continental drift). Η επιφάνεια της γης μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελείται από αρκετές «πλάκες». Οι πλάκες αυτές συνδέονται μεταξύ τους κατά μήκος **γραμμών θραύσεως** ή **διατομής** (fracture ή fault lines). Υπάρχει

σταθερή και αξιοσημείωτη κίνηση αυτών των πλακών.

Για την πρόελευση του νερού στους ωκεανούς έχουν επίσης διατυπωθεί πολλές αντιφατικές απόψεις. Αν και μερικοί γεωλόγοι υποστηρίζουν ότι όλο το νερό υπήρχε κάποτε με μορφή υδρατμών στην ατμόσφαιρα της γης και ότι έπεσε με καταρρακτώδεις βροχές μόλις η γη ψύχθηκε αρκετά, μια άλλη σχολή πιστεύει ότι η ατμόσφαιρα της αρχικά πυρακτωμένης γης χάθηκε και ότι το νερό συσσωρεύθηκε σταδιακά καθώς τινάζονταν σε ατμούς από ηφαίστεια ή έβγαινε στην επιφάνεια από καυτές πηγές.

Το μεγαλύτερο μέρος του νερού επάνω στο φλοιό της γης βρίσκεται τώρα στους ωκεανούς (περίπου 328 000 000 κυβικά χερσαία μίλια ή περίπου το 85% του συνόλου της). Το μέσο βάθος των ωκεανών είναι 2072 οργυιές και η συνολική έκτασή τους είναι 139 000 000 τετραγωνικά χερσαία μίλια.

1.4 Ωκεανογραφική χημεία.

Μπορεί να διαιρεθεί σε τρία κύρια μέρη: 1) Χημεία θαλάσσιου νερού. 2) Χημεία θαλασσίων ιζημάτων και 3) Χημεία οργανισμών που ζουν στη θάλασσα. Η πρώτη έχει ιδιαίτερη σημασία για το ναυτικό.

Οι χημικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού προσδιορίζονται από την ανάλυση δειγμάτων που λαμβάνονται από διάφορα σημεία και βάθη. Τα δείγματα που προέρχονται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, τα παίρνουμε με ειδικές μεταλλικές φιάλες, σχεδιασμένες γι' αυτόν το συγκεκριμένο σκοπό. Οι ανοικτές φιάλες προσδένονται κατά τακτά και κατάλληλα διαστήματα σε ένα σύρμα που έχει ήδη παρραθεί από το πλοίο στη θάλασσα. Μόλις οι φιάλες φθάσουν στα επιθυμητά βάθη, ένα μεταλλικό δακτυλίδι ή **αγγελιοφόρος** (messenger) ρίχνεται κατά μήκος του σύρματος. Τη στιγμή που ο αγγελιοφόρος φθάνει στην πρώτη φιάλη, προκαλεί το κλείσιμό της, καθώς πέφτει επάνω σε ειδικό μηχανισμό της. Έτσι παγιδεύει μέσα της δείγμα νερού από το συγκεκριμένο βάθος, ενώ απελευθερώνει στη συνέχεια ένα δεύτερο αγγελιοφόρο, ο οποίος κινείται προς τα κάτω, κατά μήκος του σύρματος. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται με κάθε φιάλη ώσπου να κλείσουν όλες. Τότε το σύρμα σύρεται επάνω στο πλοίο προσεκτικά και κάθε φιάλη αφαιρείται, μόλις το σύρμα φθάσει τόσο κοντά, ώστε να είναι δυνατή η αφαίρεσή της από το σύρμα. Από τους διάφορους τύπους φιαλών που έχουν επινοηθεί, η **φιάλη Νάνσεν** (Nansen bottle) είναι η ευρύτερα γνωστή. Είναι εφοδιασμένη με αφαιρούμενο πλαίσιο, στο οποίο μπορεί να προσδεθεί θερμόμετρο, οπότε μετριέται ταυτόχρονα και η θερμοκρασία του δείγματος του νερού.

1.5 Φυσικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού.

Εξαρτώνται, κατά κύριο λόγο, από την περιεκτικότητά του σε αλάτι, τη θερμοκρασία και την πίεση. Ωστόσο, παράγοντες όπως η κίνηση του νερού και η ποσότητα της κατακρατούμενης ύλης, επηρεάζουν ιδιότητες, όπως είναι το χρώμα και η διαφάνεια του νερού, η αγωγιμότητα της θάλασσας, η απορρόφηση της ραδιενέργειας κλπ.

1.6 Αλμυρότητα (salinity).

Είναι η ποσότητα της διαλυμένης στερεάς ύλης μέσα στο νερό, όταν τα ανθρακούχα μετατραπούν σε οξειδία, το θρωμίδιο και το ιωδίδιο σε χλωρίδιο, και η οργανική ύλη οξειδωθεί. Εκφράζεται συνήθως σε μέρη ανά χιλιάδα (βάρους), υπό ορισμένες προϋποθέσεις. Η αλμυρότητα δεν είναι η ίδια με τη **χλωρίωση** (chlorinity), η οποία είναι ίση περίπου με το ποσό της χλωρίνης, όταν τα θρωμίδια και τα οξειδία μετατραπούν σε χλωρίδια. (Κατ' ουσία το περιεχόμενο σε χλωρίνη είναι περίπου 1,00045 φορές η χλωρίωση, όπως προσδιορίζεται με τυποποιημένες διαδικασίες). Έχει υπολογισθεί ότι τα δύο αυτά φαινόμενα συνδέονται εμπειρικά με τον τύπο:

$$\text{αλμυρότητα} = 0,03 + 1,805 \times \text{χλωρίωση}$$

Για να προσδιορισθεί η αλμυρότητα, απαιτήθηκε από παλιά μια αργή και δύσκολη διαδικασία. Αντίθετα, η χλωρίωση καθορίσθηκε εύκολα και με ακρίβεια, με εμπλουτισμό του δείγματος με νιτρικό άργυρο. Παλιότερα προσδιόριζαν τη χλωρίωση πρώτα και κατόπιν υπολόγιζαν την αλμυρότητα με τον τύπο που προαναφέρθηκε. Με τη μέθοδο αυτή η αλμυρότητα προσδιοριζόταν τελικά με σφάλμα που δεν υπερέβαινε το 0,02 του μέρους στα χίλια μέρη. Σήμερα η αλμυρότητα μετρείται κατ' ευθείαν με τη χρησιμοποίηση ενός **μετρητή αλμυρότητας** (salinometer), με τον οποίο μετρούμε τις μεταβολές στην αγωγιμότητα. Η αλμυρότητα κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 33 και 37 μερών ανά χιλιάδα και ο μέσος όρος είναι περίπου 35 μέρη ανά χιλιάδα. Όπου όμως το νερό έχει αραιωθεί, όπως όταν βρίσκεται κοντά στην εκβολή ενός ποταμού ή ύστερα από κάποια δυνατή βροχόπτωση, η αλμυρότητα είναι κάπως μειωμένη· αντίθετα, σε περιοχές με υπερβολική εξάτμιση, η αλμυρότητα μπορεί να φθάσει ακόμη και 40 μέρη ανά χιλιάδα. Σε ορισμένες περικλειστές υδάτινες περιοχές, αξιοσημείωτες είναι η Μεγάλη Αλμυρή Λίμνη στη Γιούτα και η Νεκρά Θάλασσα στη Μικρά Ασία, η αλμυρότητα υπερβαίνει πολλές φορές αυτό το μέγιστο σημείο. Στη χλωρίωση οφείλεται περίπου το 55% της αλμυρότητας, ενώ ο μέσος όρος βρίσκεται περίπου στα 19 μέρη ανά χιλιάδα.

1.7 Θερμοκρασία.

Η θερμοκρασία στον ωκεανό ποικίλλει κατά πολύ, τόσο οριζόντια, όσο και κατά βάθος. Η μέγιστη τιμή είναι γύρω στους 90°F και συναντάται στην επιφάνεια του Περσικού κόλπου το καλοκαίρι, ενώ η χαμηλότερη θερμοκρασία που έχει μετρηθεί, είναι γύρω στους 28°F (που είναι και το συνηθισμένο ελάχιστο σημείο πήξεως του θαλάσσιου νερού). Τέτοιες θερμοκρασίες παρατηρούνται στις πολικές περιοχές και κοντά στο βυθό όλων των ωκεανών, περιλαμβανομένων ακόμη και των βυθών τροπικών περιοχών. Ο **Παγκόσμιος Άτλας Θερμοκρασιών της Επιφάνειας της Θάλασσας**, εκδοση Ν° 225, παρέχει με λεπτομέρεια τις μέσες θερμοκρασίες για κάθε μήνα. Ο πίνακας που ακολουθεί περιέχει την εκατοστιαία κατανομή θερμοκρασιών για ολόκληρο τον κόσμο, στους μήνες Φεβρουάριο και Αύγουστο. Έχει ληφθεί από τον

Παγκόσμιο Άτλαντα Θερμοκρασιών που αναφέραμε:

Θερμοκρασία επιφάνειας της θάλασσας σε βαθμούς °F	Εκατοστιαία τιμή της ωκεάνειας περιοχής	
	Φεβρουάριος	Αύγουστος
< 35	12,0	13,1
35-40	6,5	3,3
40-45	4,0	3,0
45-50	4,5	5,0
50-55	4,0	6,5
55-60	5,0	6,0
60-65	5,5	6,3
65-70	8,0	7,0
70-75	10,0	10,4
75-80	17,5	16,5
80-85	23,0	22,7
85-90	0,0	0,2

Η κατακόρυφη κατανομή των θερμοκρασιών δείχνει σε όλες σχεδόν τις θάλασσες μείωση της θερμοκρασίας όσο αυξάνει το βάθος. Επειδή το κρύο νερό είναι περισσότερο πυκνό (υποτίθεται ότι η αλμυρότητα παραμένει η ίδια), βυθίζεται κάτω από το θερμότερο νερό. Αυτή η βύθιση έχει ως αποτέλεσμα τον καταμερισμό των θερμοκρασιών, ο οποίος όμως είναι αντίθετος προς τον καταμερισμό των θερμοκρασιών στο φλοιό της γης. Εκεί η θερμοκρασία αυξάνεται με την αύξηση του βάθους κάτω από την επιφάνεια του εδάφους.

Γενικά στη θάλασσα παρατηρείται συνήθως ένα ανάμικτο στρώμα από ισόθερμο νερό, κάτω από την επιφάνειά της. Σ' αυτό η θερμοκρασία είναι η ίδια με εκείνη που είναι στην επιφάνεια. Το στρώμα αυτό προκαλείται από δυο φυσικές διαδικασίες: πρώτα, από την ανάμιξη του νερού λόγω της επιδράσεως του ανέμου, και δεύτερο από την αναστροφή της μεταγωγής της θερμότητας. Αυτό σημαίνει ότι το νερό της επιφάνειας καθώς ψύχεται γίνεται περισσότερο πυκνό και βυθίζεται, ενώ τη θέση του καταλαμβάνει εκείνο που εκτοπίζεται και είναι θερμότερο, με αποτέλεσμα να ανέρχεται το τελευταίο αυτό προς την επιφάνεια της θάλασσας σαν ελαφρότερο. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται ώσπου το στρώμα να γίνει ισόθερμο. Το στρώμα αυτό αναπτύσσεται καλύτερα στις αρκτικές περιοχές και στον Ανταρκτικό ωκεανό, αλλά και σε θάλασσες, όπως στη Βαλτική και στη θάλασσα της Ιαπωνίας, κατά τη διάρκεια του χειμώνα, όπου μπορεί να επεκταθεί μέχρι το βυθό του ωκεανού. Στις τροπικές θάλασσες το ανακατεμένο από τον αέρα στρώμα νερού μπορεί να επεκταθεί μέχρι και το βάθος των 125 μέτρων. Το στρώμα αυτό μπορεί να διατηρηθεί καθ'

όλη τη διάρκεια του έτους. Κάτω από το ισόθερμο στρώμα παρατηρείται μια ζώνη ταχείας μειώσεως της θερμοκρασίας, που ονομάζεται **στρώμα αποκλίσεως της θερμοκρασίας** (thermocline), προς τις θερμοκρασίες των βαθέων υδάτων των ωκεανών. Σε βάθος μεγαλύτερο από 200 οργυιές η θερμοκρασία είναι παντού κάτω από τους 60°F, στα δε βαθύτερα στρώματα, τα οποία συντηρούνται από παγωμένα νερά, που έχουν βυθισθεί από την επιφάνεια των θαλασσών της Αρκτικής και της Ανταρκτικής, παρατηρούνται χαμηλότερες θερμοκρασίες, ακόμη και μέχρι τους 28,5°F.

Στις ψυχρότερες περιοχές η ψύξη προκαλεί την αναστροφή της μεταγωγής και ισόθερμο νερό το χειμώνα· το καλοκαίρι όμως δημιουργείται ένα στρώμα αποκλίσεως της θερμοκρασίας, που είναι εποχιακό, καθώς τα ανώτερα στρώματα του νερού γίνονται θερμότερα.

Μια τυπική καμπύλη θερμοκρασιών απεικονίζεται στο σχήμα 6.3α. Η θερμοκρασία σε οποιοδήποτε επιθυμητό βάθος μπορεί να προσδιορισθεί με ένα **αναστρεφόμενο θερμόμετρο** (reversing thermometer) που έχει προσαρμοσθεί στο πλαίσιο της φιάλης Νάνσεν (παράγρ. 1.4). Μόλις η φιάλη κλείσει, το θερμόμετρο μετρά τη θερμοκρασία με προσέγγιση 0,04°F, παρέχοντας έτσι μέτρηση σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και για συγκεκριμένο σημείο της θάλασσας. Συσσκευές με **θερμικά στοιχεία** (thermistors) (λειτουργούν με τη μεταβολή της αγωγιμότητας ενός ημιαγωγού, ανάλογα με τη μεταβολή της θερμοκρασίας), χρησιμοποιούνται πολύ για τον υπολογισμό των θερμοκρασιών. Το STD (salinity - temperature - depth, αλμυρότητα - θερμοκρασία - βάθος) είναι ένα μηχάνημα που εκπέμπει ηχητικά σήματα συνεχούς παλμού, όταν αυτό έχει παρειαθεί από το πλοίο μέσα στη θάλασσα· η θερμοκρασία προσδιορίζεται με το θερμικό στοιχείο, η αλμυρότητα με αγωγιμότητα και το βάθος με την πίεση. Συνεχής καταγραφή των θερμοκρασιών είχε αρχικά πραγματοποιηθεί με συσκευή, που ονομαζόταν **βαθυθερμογράφος** (bathythermograph) και που είχε ανακαλυφθεί από τον Σπιλχάουζ το 1938. Η συσκευή εκείνη λειτουργούσε σε βάθος μέχρι 75 μέτρα.

Ο μηχανικός αυτός βαθυθερμογράφος αντικαταστάθηκε σχεδόν καθ' ολοκληρίαν από το βαθυθερμογράφο, που επιμηκύνεται (expendable bathythermograph - XBT) και που χρησιμοποιεί θερμικό στοιχείο. Ο XBT συνδέεται με το πλοίο με λεπτό σύρμα. Το σύρμα είναι περιτυλιγμένο μέσα στη βολίδα του επιμηκυνόμενου βαθυθερμογράφου· καθώς η βολίδα εκσφενδονίζεται ελεύθερα από το πλοίο στη θάλασσα, το σύρμα ξετυλίγεται. Το βάθος προσδιορίζεται από το χρόνο που μεσολάβησε και από την ταχύτητα βυθίσεως της βολίδας, που είναι γνωστή. Η απόσταση βάθους προσδιορίζεται από το ποσό του σύρματος, που είναι αποθηκευμένο στη βολίδα· το πιο συνηθισμένο μοντέλο επιμηκυνόμενου βαθυθερμογράφου έχει απόσταση βάθους 500 μέτρων· δηλαδή αυτή την κεκλιμένη απόσταση από το πλοίο μπορεί να φθάσει η βολίδα και συνεπώς μέχρις εκεί είναι δυνατό να μετρηθούν θερμοκρασίες του νερού. Στην άκρη της βολίδας το σύρμα σπάζει και η βολίδα βυθίζεται στο βυθό του ωκεανού. Μια άλλη συσκευή αυτού του τύπου ρίχνεται από αεροσκάφος, ενώ τα στοιχεία μεταδίδονται από το βαθυθερμογράφο αυτό στο αεροσκάφος με ηλεκτρομαγνητικά κύματα, που εκπέμπονται από κατάλληλο πλωτήρα, με τον οποίον έχει συνδεθεί το σύρμα του XBT.

1.8 Πίεση.

Στην ωκεανογραφική εργασία η πίεση εκφράζεται γενικά σε μονάδες του συστήματος εκατοστά-γραμμάρια-δευτερόλεπτα. Η βασική μονάδα αυτού του συστήματος είναι η μια **δύνη** ανά τετραγωνικό εκατοστό. Αυτή είναι όμως πολύ μικρή μονάδα, γι' αυτό ένα εκατομμύριο δύνες συνιστούν μια άλλη περισσότερο εύχρηστη μονάδα, που ονομάζεται **μπαρ** και η οποία είναι ίση περίπου με την πίεση μιας ατμόσφαιρας. Η ατμοσφαιρική πίεση εκφράζεται συχνά σε **μιλλιμπάρ** (millibar), 1000 από τα οποία ισούνται με ένα μπαρ. Στην ωκεανογραφική όμως εργασία η πίεση του νερού μετριέται συνήθως παντού σε **ντεσιμπάρ** (decibar), 10 από τα οποία ισούνται με ένα μπαρ. Ένα ντεσιμπάρ είναι σχεδόν ίσο με $1\frac{1}{2}$ λίβρα ανά τετραγωνική ίντσα. Η μονάδα αυτή είναι εξυπηρετική στην ωκεανογραφία, γιατί ταυτίζεται περίπου με την πίεση που ασκεί ένα μέτρο νερού βάθους της θάλασσας. Κατά συνέπεια η πίεση σε ντεσιμπάρ είναι περίπου η ίδια με το βάθος της θάλασσας σε μέτρα, τα οποία άλλωστε είναι η μονάδα μετρήσεως του βάθους, που κατά παράδοση χρησιμοποιείται στην ωκεανογραφική εργασία. Η πίεση σε διάφορα βάθη, με όρους περισσότερο προσιτούς και γνωστούς στο ναυτικό, έχει ως εξής:

Βάθος σε οργυιές	Πίεση σε λίβρες ανά τετραγωνική ίντσα
1000	2680
2000	5390
3000	8100
4000	10810
5000	13520

Η αύξηση της πίεσεως, με την αύξηση του βάθους, είναι σχεδόν σταθερή, επειδή το νερό είναι ελάχιστα μόνο συμπιεστό.

Μολονότι πρακτικά όλες οι φυσικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού επηρεάζονται από την πίεση σε αξιοσημείωτο βαθμό, το αποτέλεσμα δεν είναι τόσο μεγάλο, όσο εκείνο που προκαλείται από την αλμυρότητα και τη θερμοκρασία. Η πίεση έχει εξέχουσα σημασία για τα υποβρύχια, άμεσα μεν λόγω της δυνάμεως που ασκεί στα υλικά του σκάφους, έμμεσα δε λόγω της επιδράσεώς της στην πλευστότητα.

1.9 Πυκνότητα (density).

Πυκνότητα είναι η μάζα ανά μονάδα όγκου. Οι ωκεανογράφοι χρησιμοποιούν το σύστημα εκατοστό-γραμμάρια-δευτερόλεπτο, στο οποίο η πυκνότητα εκφράζεται με γραμμάρια ανά κυβικό εκατοστό. Η αναλογία της πυκνότητας μιας ουσίας, σε σχέση με μια συγκεκριμένη σταθερή ουσία, κάτω από κανονικές συνθήκες, ονομάζεται **ειδική βαρύτητα** (specific gravity). Εξ ορισμού η πυκνότητα του αποσταγμένου νερού στους 4°C (39,2°F) είναι ένα γραμμάριο ανά χιλιοστόλιτρο (δηλαδή 1 γραμμάριο ανά κυβικό εκατοστόμετρο περίπου).

Συνεπώς, αν αυτό χρησιμοποιηθεί ως σταθερή μονάδα, όπως συμβαίνει άλλωστε στην ωκεανογραφική εργασία, οι τιμές της πυκνότητας και της ειδικής βαρύτητας ταυτίζονται πρακτικά.

Η πυκνότητα του θαλάσσιου νερού εξαρτάται από την αλμυρότητα, τη θερμοκρασία και την πίεση. Με σταθερή θερμοκρασία και πίεση η πυκνότητα μεταβάλλεται με την αλμυρότητα λόγω της σχέσεως της αλμυρότητας με τη χλωρίωση, η πυκνότητα μεταβάλλεται και με τη χλωρίωση. Η θερμοκρασία των 32°F και η ατμοσφαιρική πίεση, θεωρούνται ως οι κανονικές συνθήκες για τον προσδιορισμό της πυκνότητας. Οι επιδράσεις της θερμικής διαστολής και της συμπίεσεως χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της πυκνότητας, σε άλλες θερμοκρασίες και πιέσεις. Η πυκνότητα σε μια ορισμένη πίεση επηρεάζει την πλευστότητα των υποβρυχίων. Είναι επίσης σημαντική για τις σχέσεις της με τα ωκεάνεια ρεύματα.

Οι μεγαλύτερες μεταβολές στην πυκνότητα του θαλάσσιου νερού παρατηρούνται στην επιφάνεια της θάλασσας, όπου το νερό υπόκειται σε επιδράσεις, που δεν παρατηρούνται στα μεγαλύτερα βάθη. Η πυκνότητα του νερού στην επιφάνεια της θάλασσας μειώνεται λόγω των βροχοπτώσεων, της εισροής υδάτων από την ξηρά, της τήξεως των πάγων, ή των διαδικασιών θερμάνσεως της. Όταν το νερό της επιφάνειας γίνεται λιγότερο πυκνό, έχει την τάση να επιπλέει επάνω από στρώμα νερού, που έχει μεγαλύτερη πυκνότητα και βρίσκεται φυσικά από κάτω του. Υπάρχει μικρή τάση για ανάμιξη του νερού και γι' αυτό επικρατεί η σταθερότητα. Η πυκνότητα του επιφανειακού νερού αυξάνεται με την εξάτμιση, το σχηματισμό θαλάσσιου πάγου, καθώς και με την ψύξη. Στην περίπτωση κατά την οποία το νερό στην επιφάνεια γίνει πυκνότερο από αυτό που βρίσκεται από κάτω του, προκαλείται ανάμιξη λόγω αναστροφής της αγωγιμότητας. Το περισσότερο πυκνό επιφανειακό νερό βυθίζεται και αναμιγνύεται με το λιγότερο πυκνό, που είναι από κάτω. Το στρώμα νερού, που δημιουργείται έτσι, έχει μια ενδιάμεση πυκνότητα. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται, ώσπου η πυκνότητα του ανάμικτου στρώματος να γίνει μικρότερη από την πυκνότητα του νερού, που βρίσκεται κάτω από το στρώμα. Η διαδοχική κυκλοφορία θερμοκρασιών, η οποία συντελείται έτσι, ως μέρος αυτής της διαδικασίας, μπορεί να δημιουργήσει πολύ βαθιά και ομοιόμορφα ανάμικτα στρώματα. Αν το νερό της επιφάνειας της θάλασσας γίνει αρκετά πυκνό, μπορεί να βυθισθεί ακόμη και μέχρι το βυθό του ωκεανού. Αν αυτό συμβεί σε κάποια περιοχή, όπου η κίνηση του νερού γίνεται χωρίς εμπόδια, το πυκνότερο αυτό νερό διαχέεται, διασκορπίζεται και σε άλλες περιοχές, δημιουργώντας κατ' αυτό τον τρόπο ένα πυκνό στρώμα στον πυθμένα, όταν βυθισθεί. Επειδή η μεγαλύτερη αύξηση πυκνότητας σημειώνεται στις πολικές περιοχές, όπου ο αέρας είναι ψυχρός και σχηματίζονται εκεί τεράστιες ποσότητες πάγου, το παγωμένο, πυκνό πολικό νερό κινείται προς το βυθό και κατόπιν διασκορπίζεται σταδιακά σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη. Στην περιοχή του Αρκτικού ωκεανού το ψυχρό, πυκνό νερό περιορίζεται από το Βερίγγειο πορθμό και την υποθαλάσσια οροσειρά με απότομα πρηνή, που εκτείνεται από τη Γροιλανδία προς την Ισλανδία, μέχρι την Ευρώπη. Στον Ανταρκτικό ωκεανό όμως δεν υπάρχουν παρόμοια γεωλογικά εμπόδια, με αποτέλεσμα μεγάλες ποσότητες πολύ κρύου και πυκνού νερού, οι οποίες σχηματίζονται εκεί, να ρέουν προς τα

βόρεια, κατά μήκος του βυθού του ωκεανού. Η διαδικασία αυτή έχει συνεχισθεί επί πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα, και γι' αυτό έχει καλυφθεί ολόκληρος ο βυθός των ωκεανών με αυτό το πυκνό νερό, έτσι δε εξηγείται και η ύπαρξη στρώματος κρύου θαλασσινού νερού, σε πολύ μεγάλα βάθη, σε όλους τους ωκεανούς της υδρογείου, όπως προαναφέρθηκε.

Από ορισμένες απόψεις οι ωκεανογραφικές διεργασίες είναι παρόμοιες με εκείνες, που παρατηρούνται και στην ατμόσφαιρα. Η κυκλοφορία της αγωγιμότητας στους ωκεανούς είναι κάπως όμοια με την κυκλοφορία στην ατμόσφαιρα. Οι υδάτινες μάζες, που έχουν σχεδόν ομοιόμορφα χαρακτηριστικά, είναι ανάλογες με τις αέριες μάζες.

1.10 Συμπιεστότητα (compressibility).

Το θαλάσσιο νερό είναι σχεδόν ασυμπίεστο, αφού ο βαθμός της συμπίεσής του περιορίζεται στο 0,000046 ανά μπαρ κάτω από σταθερές συνθήκες. Η τιμή αυτή μεταβάλλεται ελάχιστα, όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία ή η αλμυρότητα. Η επίδραση της συμπίεσής εξαναγκάζει τα μόρια της ύλης να πλησιάσουν το ένα περισσότερο στο άλλο, προκαλώντας κατ' αυτόν τον τρόπο αύξηση της πυκνότητάς της. Μολονότι η συμπιεστότητα του θαλασσινού νερού είναι χαμηλή, η συνολική της επίδραση είναι αξιόλογη, λόγω της μεγάλης ποσότητας νερού που επηρεάζεται. Αν η συμπιεστότητα του νερού της θάλασσας ήταν μηδενική, το επίπεδο της θάλασσας θα ήταν γύρω στα 90 πόδια υψηλότερο, από αυτό που είναι σήμερα.

1.11 Ιξώδες (viscosity).

Ιξώδες είναι η αντίσταση στη ροή. Το θαλάσσιο νερό είναι λίγο περισσότερο ιξώδες από το πόσιμο. Το ιξώδες αυξάνει με την αύξηση της αλμυρότητας, η επίδρασή της όμως δεν είναι τόσο σημαντική, όσο είναι η επίδραση από την ελάττωση της θερμοκρασίας. Η τιμή μεταβολής δεν είναι ομοιόμορφη και γίνεται μεγαλύτερη καθώς η θερμοκρασία ελαττώνεται περισσότερο. Λόγω της επιδράσεως της θερμοκρασίας στο ιξώδες, κάποιο αντικείμενο, που είναι ασυμπίεστο, ίσως βυθιστεί με ταχύτερη τιμή μέσα σε θερμό επιφανειακό νερό, παρά μέσα σε ψυχρότερο νερό της θάλασσας, που βρίσκεται κάτω από το επιφανειακό. Εντούτοις για τα πιο πολλά αντικείμενα το αποτέλεσμα αυτό ίσως να αντισταθμίζεται κυρίως λόγω της συμπιεστότητάς τους.

Οι πραγματικές σχέσεις που διαμορφώνονται στον ωκεανό είναι ουσιαστικά περισσότερο πολύπλοκες από την απλή εξήγηση που δώσαμε προηγουμένως, λόγω της παραχώδους κινήσεως του νερού μέσα στο θαλάσσιο χώρο. Η επίδραση από την αναταραχή του νερού ονομάζεται *ιξώδες περιδινήσεως* (eddy viscosity).

1.12 Ειδική θερμότητα (specific heat).

Ειδική θερμότητα είναι η ποσότητα θερμότητας που απαιτείται, για να ανυψωθεί η θερμοκρασία μιας μονάδας μάζας κάποιας ουσίας κατά ένα

συγκεκριμένο ποσό. Στην ωκεανογραφική εργασία, η ειδική θερμότητα εκφράζεται στο σύστημα εκατοστό-γραμμάριο-δευτερόλεπτο με τον αριθμό των θερμίδων (calorie) που απαιτούνται για να αυξηθεί η θερμοκρασία ενός γραμμαρίου της ύλης κατά 1°C . Η ειδική θερμότητα με σταθερή πίεση είναι συνήθως η ποσότητα που είναι επιθυμητή, όταν αναφερόμεθα στα υγρά, ενώ ευκαιριακά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ειδική θερμότητα με σταθερό όγκο. Η αναλογία ανάμεσα σ' αυτές τις δυο ποσότητες έχει άμεση σχέση με την ταχύτητα του ήχου μέσα στο νερό της θάλασσας.

Η ειδική θερμότητα του θαλασσινού νερού ελαττώνεται ελαφρά με την αύξηση της αλμυρότητας. Εντούτοις είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από την ειδική θερμότητα των χερσαίων περιοχών. Ο ωκεανός είναι γιγαντιαίο δοχείο και πηγή θερμότητας. Μπορεί να απορροφήσει μεγάλες ποσότητες θερμότητας με πολύ μικρή μεταβολή της θερμοκρασίας. Αυτό οφείλεται εν μέρει στην υψηλή ειδική θερμότητα του νερού και εν μέρει στην ανάμιξη των νερών των ωκεανών, που έχει ως αποτέλεσμα τη διανομή της θερμότητας μέσα σε ένα υδάτινο στρώμα, που βρίσκεται προς τα ανώτερα βάθη, δηλαδή προς την επιφάνεια της θάλασσας. Η ξηρά έχει χαμηλότερη ειδική θερμότητα και επιπροσθέτως όλη η θερμότητα χάνεται ή κατακρατείται μέσα σε λεπτό στρώμα αέρα που βρίσκεται κοντά στην επιφάνειά της. Αυτό εξηγεί τη μεγαλύτερη δυνατότητα μεταβολής των θερμοκρασιών του εδάφους, σε μεγαλύτερη δηλαδή κλίμακα, καθώς και των θερμοκρασιών του στρώματος της ατμόσφαιρας που βρίσκεται επάνω από το έδαφος, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται οι μουσόνες και οι γνωστές σε όλους χερσαίες και θαλάσσιες αύρες των τροπικών και των ευκράτων περιοχών της γης.

1.13 Θερμική διαστολή (thermal expansion).

Μία από τις πιο ενδιαφέρουσες διαφορές ανάμεσα στο θαλασσινό και στο πόσιμο νερό, είναι εκείνη που αναφέρεται στη θερμική διαστολή. Το θαλασσινό νερό συνεχίζει να γίνεται πυκνότερο, καθώς ψύχεται, καθώς δηλαδή η θερμοκρασία του κατέρχεται προς το σημείο πήξεως· το πόσιμο νερό αντίθετα φθάνει τη μεγαλύτερη πυκνότητά του στους 4°C και κατόπιν διαστέλλεται (γίνεται δηλαδή λιγότερο πυκνό, αραιότερο). Εάν ψυχθεί περισσότερο και η θερμοκρασία του κατέλθει στους 0°C , το παγώνει. Με αυτή τη διαδικασία νοείται ότι η ανάμιξη του πόσιμου νερού, λόγω αναστροφής της αγωγιμότητάς του, σταματά στους 4°C και ότι η πήξη του προχωρεί πολύ γρηγορότερα, κάτω από αυτό το σημείο. Η τιμή της θερμικής διαστολής όταν η θερμοκρασία είναι αυξημένη είναι μεγαλύτερη στο θαλασσινό νερό, από την τιμή που παρατηρείται στο πόσιμο. Έτσι παρατηρούμε, ότι σε θερμοκρασία 15°C (59°F) και σε ατμοσφαιρική πίεση, ο συντελεστής θερμικής διαστολής είναι 0,000214 ανά βαθμό Κελσίου, για νερό θάλασσας με αλμυρότητα 35 μερών ανά χιλιάδα. Ο συντελεστής της θερμικής διαστολής αυξάνει, όχι μόνο με τη μεγαλύτερη αλμυρότητα, αλλά και με την αυξημένη θερμοκρασία και πίεση. Στην αναλογία των 35 μερών ανά χιλιάδα ο συντελεστής του επιφανειακού νερού αυξάνει από 0,000051 ανά βαθμό Κελσίου στους 0°C (32°F), στους 0,000334 ανά βαθμό Κελσίου στους 30°C (86°F). Σε σταθερή θερμοκρασία 0°C (32°F) και αλμυρότητα

34,85 μερών ανά χιλιάδα ο συντελεστής αυξάνει στους 0,000276 ανά βαθμό Κελσίου σε πίεση 10000 ντεσιμπάρ (σε βάθος δηλαδή 10000 περίπου μέτρων).

1.14 Θερμική αγωγιμότητα (thermal conductivity).

Στο νερό, όπως και σε άλλες ουσίες, μια από τις μεθόδους μεταφοράς της θερμότητας είναι η μεταφορά με αγωγιμότητα. Το πόσιμο νερό είναι κακός αγωγός θερμότητας, επειδή έχει συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας 0,000139 θερμίδες ανά δευτερόλεπτο, ανά εκατοστό και ανά βαθμό Κελσίου. Για το θαλασσινό νερό ο συντελεστής είναι ελαφρά μικρότερος, πλην όμως αυξάνει με τη μεγαλύτερη θερμοκρασία ή πίεση.

Ωστόσο, εάν υπάρχει ανατάραξη των υδάτων, η οποία μέχρις ορισμένου σημείου παρατηρείται σχεδόν πάντοτε στον ωκεανό, οι διαδικασίες μεταφοράς της θερμότητας μεταβάλλονται. Αποτέλεσμα της αναταράξεως είναι να αυξηθεί σε πολύ μεγάλο βαθμό η τιμή μεταφοράς θερμότητας. Ο συντελεστής «δύνης» που χρησιμοποιείται στη θέση του συντελεστή του στάσιμου νερού, είναι τόσο πολύ μεγαλύτερος του και εξαρτάται τόσο πολύ από την ένταση της αναταράξεως, ώστε οι επιδράσεις της θερμοκρασίας και της πίεσεως να θεωρούνται ασήμαντες.

1.15 Ηλεκτρική αγωγιμότητα (electrical conductivity).

Το νερό, που δεν περιέχει ξένα σωματίδια, είναι πολύ κακός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος. Εντούτοις, όταν υπάρχει στο νερό διαλυμένο αλάτι, τα μόρια του αλατιού ιονίζονται και γίνονται έτσι αγωγοί ηλεκτρισμού. (Αυτό που στην κοινή γλώσσα ονομάζεται πόσιμο νερό περιέχει διάφορα σωματίδια και είναι καλός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος· μόνο το καθαρό, το αποσταγμένο νερό, είναι κακός αγωγός του ηλεκτρικού ρεύματος). Για το λόγο αυτό η ηλεκτρική αγωγιμότητα του θαλασσινού νερού είναι ευθέως ανάλογη προς τον αριθμό των μορίων του αλατιού μέσα στο νερό. Για οποιαδήποτε δεδομένη αλμυρότητα, η αγωγιμότητα αυξάνεται με κάθε αύξηση της θερμοκρασίας.

1.16 Ραδιενέργεια (radioactivity).

Μολονότι η ποσότητα της ραδιενεργού ύλης στο θαλασσινό νερό είναι πολύ μικρή, η ύλη αυτή υπάρχει εντούτοις στα θαλάσσια ιζήματα σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό, από ότι στους βράχους του φλοιού της γης. Το γεγονός αυτό οφείλεται ίσως στην κατακρήμνιση του ραδίου ή άλλων ραδιενεργών στοιχείων, από το νάτριο του θαλασσινού νερού. Η ραδιενέργεια των ανωτέρων προς την επιφάνεια του βυθού στρωμάτων ιζημάτων είναι μικρότερη από τη ραδιενέργεια των βαθύτερων στρωμάτων. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στην απορρόφηση της ραδιενεργού ύλης από τις μαλακές μεμβράνες των θαλασσιών οργανισμών.

1.17 Ο συντελεστής διαθλάσεως (refractive index).

Ο συντελεστής διαθλάσεως του θαλασσινού νερού αυξάνει, καθώς η

αλμυρότητα γίνεται μεγαλύτερη ή η θερμοκρασία ελαττώνεται. Επειδή ο συντελεστής μεταβάλλεται με τη συχνότητα της ενέργειας που ακτινοβολείται, η «γραμμή D» του νατρίου χρησιμοποιείται συνήθως σαν σταθερό μέτρο συγκρίσεως.

1.18 Η επιφανειακή ένταση (ή έλξη ή ενέργεια) (surface tension).

Η επιφανειακή ένταση του νερού σε δύνες ανά τετραγωνικό εκατοστόμετρο είναι περίπου ίση με $75,64 - 0,144T + 0,0399 \text{ cI}$, όπου T είναι η θερμοκρασία του νερού σε βαθμούς Κελσίου (εκατοστιαία κλίμακα) και cI είναι η χλωρίωση του νερού σε μέρη ανά χιλιάδα. Όπως προκύπτει από τη σχέση αυτή, η επιφανειακή ένταση αυξάνεται με τη χλωρίωση και γι' αυτόν το λόγο είναι λίγο μεγαλύτερη στο θαλασσινό νερό, από όσο είναι στο πόσιμο. Παρά ταύτα η παρουσία σωματιδίων στο νερό την καθιστά κάπως μικρότερη από αυτήν που προκύπτει εφαρμόζοντας τον τύπο που προαναφέραμε.

1.19 Διαφάνεια (transparency).

Η διαφάνεια του θαλασσινού νερού ποικίλλει, ανάλογα με τον αριθμό, το μέγεθος και τη φύση των σωματιδίων που κατακρατούνται στο νερό, καθώς επίσης ανάλογα και με τη φύση και ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας. Ο βαθμός της ελαττώσεως της φωτεινής ενέργειας με την αύξηση του βάθους ονομάζεται **συντελεστής αποσβέσεως της διαφάνειας**. Ο αρχικός υπολογισμός της διαφάνειας γινόταν με τη χρήση ενός δίσκου που ονομαζόταν **δίσκος Σέκκι** (Secchi disk). Ο δίσκος ήταν άσπρος και είχε διάμετρο 30 εκατοστών (λίγο μικρότερος από ένα πόδι γυάρδας). Ο δίσκος αυτός βυθιζόταν σταδιακά μέσα στη θάλασσα. Το βάθος, στο οποίο εξαφανιζόταν, ήταν το βάθος, μέχρι το οποίο υπήρχε διαφάνεια, το βάθος δηλαδή καταγραφής της διαφάνειας. Στα παράκτια ύδατα το βάθος διαφάνειας βρίσκεται μεταξύ 5 και 25 μέτρων (16 έως 82 πόδια). Στην ανοικτή θάλασσα το βάθος φθάνει συνήθως τα 45 έως 60 μέτρα (148 έως 197 πόδια). Το μεγαλύτερο βάθος διαφάνειας, που έχει καταγραφεί, με την παραπάνω μέθοδο, είναι 66 μέτρα (217 πόδια) και βρίσκεται στη θάλασσα των Σαργασών.

Ο δίσκος Σέκκι εξακολουθεί να αποτελεί απλή συσκευή και υλικό καταγραφής της διαφάνειας του θαλασσινού νερού, αν και σήμερα έχουν επινοηθεί περισσότερο ακριβείς συσκευές γι' αυτόν το σκοπό.

1.20 Χρώμα.

Το χρώμα του νερού της θάλασσας ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό. Το νερό του ρεύματος του Κόλπου έχει βαθιά γαλάζια απόχρωση, ενώ παρόμοιο ρεύμα στα ανοικτά της Ιαπωνίας πήρε την ονομασία Κουροσίο (Μαύρο Ρεύμα), εξαιτίας του σκούρου χρώματος του νερού του. Κατά μήκος πολλών ακτών το νερό είναι πράσινο. Σε μερικές άλλες τοποθεσίες έχει καφέ ή καφεκόκκινη απόχρωση. Τα διάφορα χρώματα, εκτός από το γαλάζιο, οφείλονται σε βιολογικές πηγές και αιτίες, όπως π.χ. στο πλαγκτόν. Σε ορισμένες παράκτιες

περιοχές προκαλούνται από ιζήματα, τα οποία κατακρατούνται στις εκβολές των ποταμών ειδικότερα.

Έξω από τις ακτές, κυρίως στις τροπικές ή υποτροπικές περιοχές, παρατηρείται συνήθως μια απόχρωση του γαλάζιου χρώματος. Αυτό οφείλεται στη διασπορά του ηλιακού φωτός από πολύ μικρά σωματίδια, τα οποία κατακρατούνται επίσης στο νερό, ή από μόρια αυτού του ίδιου του νερού. Λόγω του πολύ μικρού μήκους κύματός του, το γαλάζιο χρώμα διασκορπίζεται περισσότερο αποτελεσματικά από τα χρώματα που έχουν μεγαλύτερα μήκη κύματος. Έτσι ο ωκεανός φαίνεται γαλάζιος για τον ίδιο ακριβώς λόγο, για τον οποίο εμφανίζεται γαλάζιος και ο ουρανός. Το πράσινο χρώμα, που συχνά εμφανίζεται κοντά στις ακτές, είναι μίγμα από το γαλάζιο, που οφείλεται στη διασπορά του φωτός και μιας σταθερής ευδιάλυτης κίτρινης χρωστικής ουσίας, η οποία έχει σχέση με την ύπαρξη του φυτοπλαγκτού στην περιοχή (παράγρ. 1.24). Το καφέ ή κατακόκκινο νερό παίρνει το χρώμα του από μεγάλες ποσότητες ορισμένων τύπων μικροσκοπικών φυκιών (algae), που υπάρχουν στη θάλασσα ή και εκεί που εκβάλλουν κοντά ποταμοί.

1.21 Θαλάσσια γεωλογία.

Η θαλάσσια γεωλογία είναι κλάδος της ωκεανογραφίας, που ασχολείται με το ανάγλυφο του θαλασσινού βυθού, ιδιαίτερα δε με τα χαρακτηριστικά των ωκεανείων λεκανών, με τις γεωλογικές διαδικασίες που τα εδημιούργησαν και τείνουν να τα μεταβάλλουν, καθώς επίσης με τα θαλάσσια ιζήματα.

1.22 Ανάγλυφο του βυθού (bottom relief).

Συγκριτικά με το ανάγλυφο της ξηράς, το ανάγλυφο κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας μας είναι πολύ λιγότερο γνωστό. Μέχρι πρόσφατα η θάλασσα αποδείχθηκε αποτελεσματικός φραγμός για την απόκτηση γνώσεων, που αναφέρονται στα γεωλογικά χαρακτηριστικά του βυθού της. Παρά το ότι έχουν γίνει μετρήσεις του βάθους του βυθού μέχρι 1000 οργυιές, κατά πάσα πιθανότητα ήδη από το δεύτερο αιώνα π.Χ. (παράγρ. 1.2) όπως είπαμε, εντούτοις ο αριθμός των μετρήσεων σε βαθιά νερά υπήρξε σχετικά μικρός και αυτό επειδή οι μετρήσεις αυτές γίνονταν με την απλή χρησιμοποίηση θάρους που βυθιζόταν μέχρι το βυθό. Όλη αυτή η διαδικασία και χρονοβόρα ήταν, αφού για μια και μόνη μέτρηση χρειάζονταν πολλές ώρες, και απαιτούσε ειδικό εξοπλισμό. Από την εποχή όμως της χρησιμοποίησης μιας αποτελεσματικής ηχητικής συσκευής, το 1922, ο αριθμός των μετρήσεων για την εύρεση του βάθους του βυθού σε βαθιές θάλασσες έχει αυξηθεί σημαντικά. Αργότερα αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε ηχητικός καταγραφέας του βάθους (recording echo sounder), το ηχοβολοστικό. Ο καταγραφέας αυτός επέτρεψε τη συνεχή ιχνογράφηση της μορφολογίας του βυθού (bottom profile) και υποβοήθησε έτσι πρακτικά στην απόκτηση γνώσεων, σχετικών με το ανάγλυφό του. Με αυτούς τους τρόπους και με αυτό το υλικό έχουν ανακαλυφθεί πολλές οροσειρές μέσα στη θάλασσα, καθώς και άλλα χαρακτηριστικά της επιφάνειας του βυθού. Παρά το γεγονός όμως ότι τα κυριότερα χαρακτηριστικά του βυθού

είναι σήμερα γνωστά, παραμένουν άγνωστες πολλές λεπτομέρειες, που πρέπει να γίνουν και αυτές γνωστές.

Κατά μήκος των περισσότερων ακτών των ηπειρών ο βυθός παρουσιάζει βαθμιαία κλίση μέχρι βάθος περίπου 100 οργυίων. Από εκεί και προς τα βαθύτερα νερά η κλίση γίνεται περισσότερο απότομη. Η περιοχή αυτή λέγεται **υφαλοκρηπίδα** (continental shelf) (σχ. 1.22α). Έχει διαστάσεις πλάτους περίπου 30 μιλίων κατά μέσο όρο, μεταβάλλεται όμως γενικότερα από μηδέν μέχρι και 800 μίλια. Το μεγαλύτερο μέρος της εκτείνεται έξω από τις αρκτικές ακτές της Σιβηρίας. Παρόμοια υφαλοκρηπίδα, που εκτείνεται προς τα έξω από ένα νησί ή από μια ομάδα, συστάδα, νησιών ονομάζεται **νησιωτική υφαλοκρηπίδα** (island shelf). Στο εξωτερικό άκρο της υφαλοκρηπίδας η πιο απότομη κλίση, από 2° μέχρι 4°, ονομάζεται **ηπειρωτικό πρηνές** (continental slope) ή **νησιωτικό πρηνές** (island slope) ανάλογα με το εάν το πρηνές αυτό εκτείνεται πέρα από ηπειρωτικές ακτές ή τις ακτές συστάδας νησιών. Το υφαλοπρηνές δεν είναι ομοιόμορφο. Αντίθετα έχει πολυάριθμους λόφους, οροσειρές μεγάλου μήκους και μικρού πλάτους με απότομες κλίσεις, εξώστες ή πλατώματα, καθώς και βαθιές εσοχές, φαράγγια, με μεγαλύτερο σε μέγεθος κάποιο φαράγγι, που μπορεί να συγκριθεί με το Grand Canyon.

Το ανάγλυφο του βυθού των ωκεανών μπορεί να συγκριθεί με το ανάγλυφο της ξηράς. Και τα δυο δηλαδή έχουν απόκρημνα βραχώδη βουνά, βαθιές εσοχές, λόφους, πεδιάδες κλπ. Το μεγαλύτερο μέρος του βυθού των ωκεανών πιστεύεται ότι αποτελείται από έναν αριθμό κυκλικού λίγο-πολύ ή ημικυκλικού σχήματος καταπτώσεων του βυθού, που ονομάζονται **λεκάνες** (basines) και περιβάλλονται από τοιχώματα (κράσπεδα) μικρότερου βάθους.

Τα υποθαλάσσια χαρακτηριστικά του βυθού προσδιορίζονται ως εξής: (σχήματα 1.22α και 1.22β):

Αρχιπελαγική ποδιά ή **ποδιά** (archipelagic apron ή apron).— Πρόκειται για ελαφρά κατωφέρεια με γενικά ομαλή επιφάνεια του βυθού, η οποία βρίσκεται κυρίως γύρω από συστάδα νησιών ή γύρω από θαλάσσια όρη.

Έξαρση, μπάγκος (bank).— Ανύψωση του θαλάσσιου βυθού επάνω από πρηνές. Επάνω από αυτή το βάθος του νερού είναι σχετικά μικρό, αρκετό όμως για ασφαλή ναυσιπλοΐα στην επιφάνεια της θάλασσας.

Λεκάνη (basin).— Κατάπτωση του βυθού σε διαστάσεις που ποικίλλουν, σχήματος λίγο-πολύ κυκλικού ή ημικυκλικού.

Περιθώριο ή **περιθώριο της υφαλοκρηπίδας** (borderland ή continental borderland).— Περιοχή του βυθού, που συνορεύει με την ήπειρο και που συνήθως είναι κατειλημμένη από υφαλοκρηπίδα ή βρίσκεται στα όριά της. Είναι πολύ ακανόνιστη ως προς τα βάθη της και ιδιαίτερα σε σύγκριση με τα τυπικά και συνηθισμένα βάθη της υφαλοκρηπίδας.

Βαθιά εσοχή, φαράγγι (canyon).— Βαθιά κατάπτωση του βυθού, σχετικά στενή ως προς το πλάτος της, με απότομα πρηνή, ο βυθός της οποίας, στις περισσότερες περιπτώσεις, κλίνει κατ' ευθείαν προς τα κάτω.

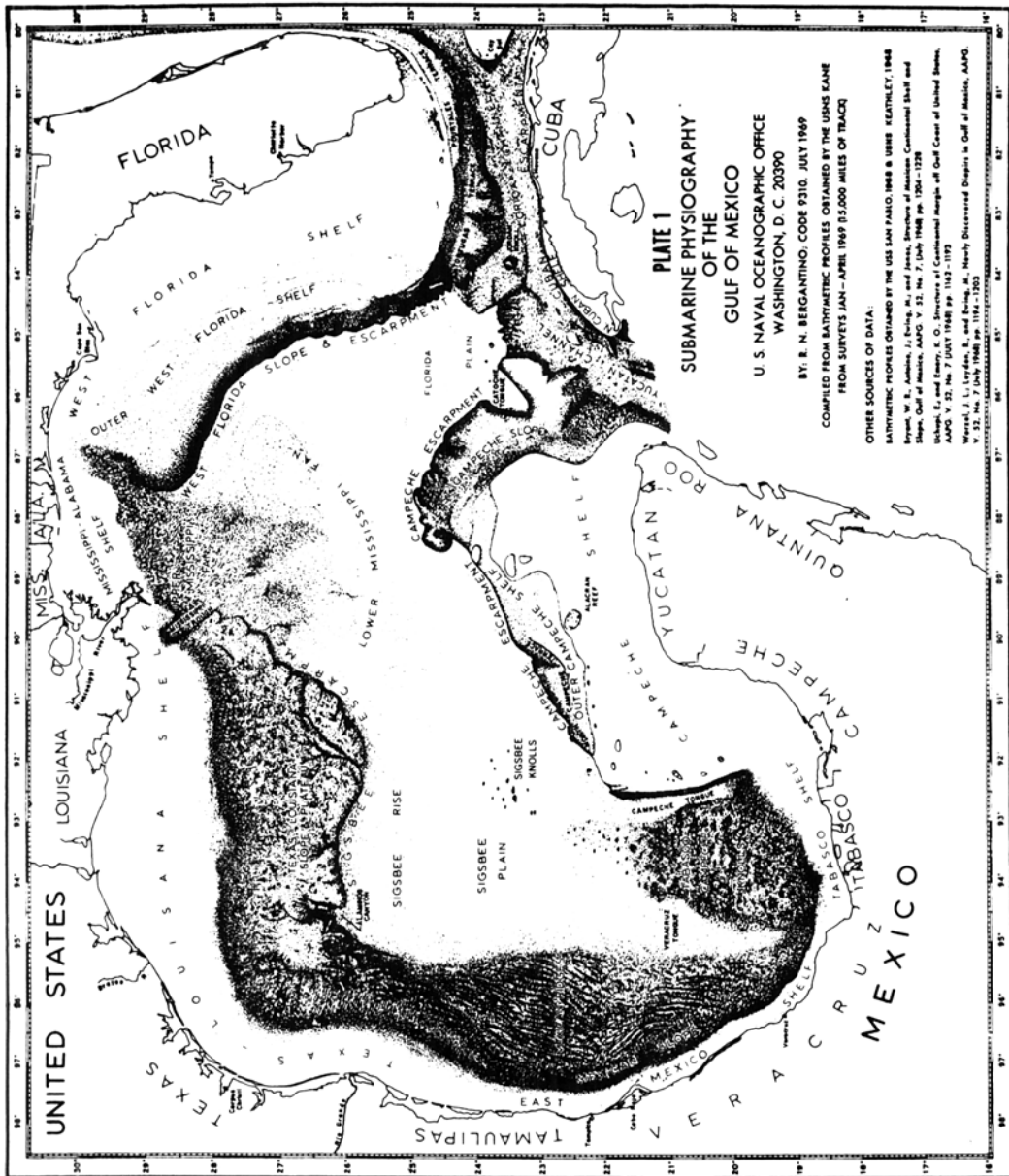
Κώνος (cone) ή **ανεμιστήρας** (fan).— Χαρακτηριστικό του βυθού, που έχει ελαφρές κλίσεις και σχήμα κώνου ή και ανεμιστήρα συνηθέστερα και βρίσκεται συνήθως κοντά στο χαμηλότερο τέλος της βαθιάς εσοχής.

Υφαλοπλαίσιο (continental margin).— Η ζώνη του βυθού που διαχωρίζει την



Σχ. 1.22α.

Χαρακτηριστικά των ωκεανείων λεκανών.



Σχ. 1.226.
 Χαρακτηριστικά των ωκεανείων λεκανιών.

αναδύομενη ήπειρο από το βαθύ έυθό της θάλασσας. Αποτελείται συνήθως από οροσειρές μεγάλου μήκους και μεγάλου εύρους, με ομαλά πρηνή, το υφαλοπρανές και την υφαλοκρητίδα.

Ηπειρωτική ανύψωση (continental rise).— Κατωφέρεια του βυθού, με ελαφρές κλίσεις, η οποία υψώνεται προς τους πρόποδες του υφαλοπρανούς. Βλέπε και «ομαλή οροσειρά» (rise).

Ορεινό σύστημα (cordillera).— Περιλαμβάνει όλες τις δευτερεύουσες διαβαθμίσεις, εσωτερικά υψίπεδα και λεκάνες.

Κατωφέρεια (escarpment ή scarp).— Επίμηκες και συγκριτικά απότομο πρηνές της επιφάνειας του θαλάσσιου βυθού, που διαχωρίζει επίπεδες ή με ελαφρές κλίσεις περιοχές του.

Ζώνη θραύσεως ή διατομών (fracture zone).— Εκτεταμένη γραμμική ζώνη ασυνήθιστα ακανόνιστης τοπογραφίας της επιφάνειας του βυθού. Περιλαμβάνει μεγάλα θαλάσσια όρη, οροσειρές με μεγάλο μήκος, μικρό πλάτος και απότομα πρηνή ή ασύμμετρες οροσειρές καθώς και υφαλούακες ή κατωφέρειες.

Χάσμα (gap).— Κατάπτωση του βυθού, που εκτείνεται με μορφή τομής καθέτως μιας οροσειράς μεγάλου μήκους και μεγάλου ή μικρού εύρους, με απότομες ή ομαλές κλίσεις, αδιάκριτα.

Λόφος (hill).— Μικρή ανύψωση του βυθού της θάλασσας, ύψους συνήθως μικρότερου των 200 μέτρων από την επιφάνεια του βυθού.

Οπή, τρύπα (hole).— Μικρή κατάπτωση του βυθού.

Ύψωμα (knoll). — Ανύψωση του βυθού της θάλασσας λιγότερο από 1000 μέτρα με περιορισμένη έκταση στην κορυφή της.

Πρόσχωση (levee). — Ανάχωμα που συνορεύει με τη μια ή και με τις δύο πλευρές ενός θαλάσσιου διαύλου ή με το μέρος εκείνο ενός φαραγγιού ή πεδιάδας του βυθού, το οποίο εκτείνεται προς την ανοικτή θάλασσα με χαμηλή κλίση.

Τάφρος (moat). — Κυκλική κατάπτωση του βυθού που μπορεί να μην είναι συνεχής και η οποία βρίσκεται στη βάση πολλών μικρών θαλασσίων βουνών ή νησιών.

Όρη (mountains). — Υποδιαίρεση ενός μεγάλου και πολύπλοκου σχηματισμού εξάρσεων του βυθού, η οποία διαγράφεται με σαφήνεια. Αποτελεί γενικά μέρος ενός ορεινού συστήματος.

Κορυφή (peak). — Ανεξάρτητη κορυφή που προεξέχει επάνω σε οροσειρά ή σε σύμπλεγμα θαλασσίων βουνών.

Πεδιάδα (plain). — Επίπεδη περιοχή του βυθού της θάλασσας, με ελαφρές κλίσεις ή σχεδόν χωρίς υψομετρικές διαφορές.

Υψίπεδο (plateau). — Ανύψωση της επιφάνειας του βυθού, με επίπεδη συγκριτικά και αξιόλογη έκταση στην κορυφή που συνήθως ανέρχεται περίσσότερο από 200 μέτρα στη μια τουλάχιστον πλευρά της.

Ομοειδής περιοχή (provinçe). — Περιοχή αποτελούμενη από ομάδα παρομοίων μεταξύ τους βαθυμετρικών εξάρσεων, των οποίων τα χαρακτηριστικά βρίσκονται σε αξιοσημείωτη αντίθεση με τα χαρακτηριστικά του βυθού των γειτονικών περιοχών.

Σειρά (range). — Σειρά από θαλάσσιες οροσειρές μεγάλου μήκους και μικρού πλάτους ή από θαλάσσια βουνά με παράλληλη διάταξη μεταξύ τους.

Υφαλος (reef). — Συμπυκνωμένος βράχος που βρίσκεται έξω από τις ακτές, με ελάχιστο βάθος 20 μέτρα (ή 10 οργυιές) ή λιγότερο. Αποτελεί κίνδυνο για τη ναυσιπλοΐα.

Απότομη οροσειρά (ridge). — Ανύψωση της επιφάνειας του βυθού με μεγάλο μήκος, αλλά με μικρό, στενό πλάτος και με απότομες πλευρές, απότομα πρηνή.

Ομαλή οροσειρά (rise). — Ανύψωση της επιφάνειας του βυθού με μεγάλο μήκος, αλλά και με μεγάλο επίσης πλάτος, με πρηνή που έχουν ομαλή κλίση και γενικά με ομαλά χαρακτηριστικά ανυψώσεως.

Σαμάρι (saddle). — Χαμηλό τμήμα του βυθού της θάλασσας, επάνω σε απότομη οροσειρά ή ανάμεσα σε θαλάσσια βουνά.

Θαλάσσιος δίαυλος (seachannel). — Χαμηλή κατάπτωση της επιφάνειας του βυθού, με μεγάλο μήκος, μικρό πλάτος και σχήμα U ή V. Συναντάται συνήθως επάνω σε πεδιάδα του βυθού με ομαλές κλίσεις ή επάνω σε κώνο.

Μικρό θαλάσσιο όρος (seamount). — Ανύψωση της επιφάνειας του βυθού που φθάνει τα 1000 μέτρα ή και περισσότερα και έχει περιορισμένη έκταση στην κορυφή της.

Υφαλοκρηπίδα ή ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα (self ή continental shelf). — Ζώνη του βυθού που πρόσκειται στην ήπειρο ή βρίσκεται γύρω από νησί. Εκτείνεται από την ακτογραμμή της ρηχίας μέχρι βάθος της θάλασσας, από το οποίο αρχίζει συνήθως αξιοσημείωτη αύξηση της κλίσεως του βυθού προς μεγαλύτερα βάθη.

Ρηχά (shoal). — Μη συμπαγές υλικό που βρίσκεται επάνω στην επιφάνεια του βυθού, έξω από τις ακτές, με ελάχιστο βάθος θάλασσας 20 μέτρα (ή 10 οργυιές) ή λιγότερο.

Υποβρύχιο κράσπεδο ή αβαθής έξαρση (sill). — Το χαμηλό τμήμα μιας απότομης ή ομαλής οροσειράς, η οποία διαχωρίζει ωκεάνειες λεκάνες μεταξύ τους ή από την προσκείμενη επιφάνεια του βυθού.

Πρηνές ή υφαλοπρηνές (slope ή continental slope). Κατωφέρεια του βυθού που εκτείνεται από το τέλος της υφαλοκρηπίδας προς τα μεγαλύτερα βάθη.

Σπιρούνι (spur). Δευτερεύουσα ανύψωση της επιφάνειας του βυθού ή δευτερεύουσα απότομη ή και ομαλή οροσειρά, η οποία εκτείνεται ως προβολή κάποιου ευρύτερου γεωλογικού χαρακτηριστικού του βυθού.

Τραπεζοειδές θαλάσσιο όρος ή γκιγιώ (tablemount ή guyot). Μικρό θαλάσσιο όρος που έχει συγκριτικά ομαλή, επίπεδη κορυφή.

Εξώστης ή θρανίο ή πλάτωμα (terrace ή bench). — Έξαρση της επιφάνειας του βυθού που μοιάζει με θρανίο ή πάγκο, η οποία συνορεύει με κάποια άλλη υποβρύχια έξαρση.

Απότομη υφαλαύλακα (trench). — Βαθιά εσοχή της επιφάνειας του βυθού, με μεγάλο μήκος και μικρό πλάτος, καθώς και με σχετικά απότομες πλευρές.

Ομαλή υφαλαύλακα (trough). — Αβαθής εσοχή της επιφάνειας του βυθού, με μεγάλο μήκος και ακόμη μεγαλύτερο πλάτος και μικρότερο βάθος από την απότομη υφαλαύλακα.

Κοιλάδα (valley). — Σχετικά αβαθής, μεγάλου πλάτους εσοχή της επιφάνειας του βυθού, με ομαλά πρηνή, της οποίας ο βυθός κλίνει γενικά συνεχώς προς τα

κάτω. Ο ορισμός αυτός χρησιμοποιείται για γεωλογικά χαρακτηριστικά του βυθού που δεν έχουν τα ανάλογα με εκείνα ενός φαρυγγίου σε οποιοδήποτε σημαντικό τμήμα της εκτάσεώς τους.

Ο χαρακτηρισμός βαθύ (deep) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κάποιο πολύ βαθύ τμήμα του ωκεανού και γενικά για τμήμα που είναι βαθύτερο από 3000 οργυιές.

Το μέσο βάθος του νερού στους ωκεανούς είναι 2075 οργυιές (12450 πόδια) και συγκρίνεται με μέσο ύψος ξηράς, επάνω από τη θάλασσα, που είναι 2750 πόδια. Το μεγαλύτερο γνωστό βάθος στη θάλασσα είναι 35800 πόδια και βρίσκεται στην υφαλαύλακα Marianas, στον Ειρηνικό ωκεανό. Η υψηλότερη γνωστή κορυφή της ξηράς είναι το όρος Έβερεστ, 29002 πόδια. Το 23% των ωκεανών περίπου είναι ρηχότερο, αβαθέστερο, από 10000 πόδια, 76% περίπου βρίσκεται μεταξύ 10000 και 20000 ποδιών και λίγο περισσότερο από 1% είναι βαθύτερο από 20000 πόδια.

1.23 Θαλάσσια ιζήματα (marine sediments).

Ο βυθός του ωκεανού αποτελείται από ύλη που έχει εναποτεθεί εκεί κατά τη διάρκεια αιώνων. Η ύλη αυτή αποτελείται κατ' αρχήν από:

- 1) Χώμα και βράχους που έχουν μεταφερθεί στη θάλασσα με ποτάμια ή με κύματα,
- 2) ηφαιστιακή στάκτη και λάβα,
- 3) υπολείμματα θαλασσίων οργανισμών.

Μικρότερες ποσότητες χερσαίας ύλης μεταφέρονται στη θάλασσα με παγετώνες ξηράς, ωθούνται από τον άνεμο ή εναποτίθενται με χημικές διεργασίες. Η τελευταία αυτή διαδικασία δικαιολογεί την ύπαρξη κονδύλων μαγγανίου που καλύπτουν μερικά τμήματα του βυθού των ωκεανών. Η ύλη μεταφέρεται στους ωκεανούς με τα ωκεάνεια ρεύματα, με τα κύματα και με τον πάγο. Κοντά στην ακτή η ύλη εναποτίθεται με αναλογία τριών ιντσών πάχους κάθε 1000 χρόνια, ενώ μέσα στις βαθιές θάλασσες, μακριά από τις ακτές, η αναλογία εναποθέσεως είναι μόνο $\frac{1}{2}$ ίντσα πάχος στα 1000 χρόνια. Οι θαλάσσιες εναποθέσεις σε νερό που είναι αρκετά βαθύ και μάλιστα τόσο, ώστε να μη επηρεάζεται από τη δράση των κυμάτων, υπόκεινται σε κάποιο βαθμό διαθρώσεως. Τελευταίες έρευνες έχουν δείξει, ότι ορισμένα ρεύματα του βυθού είναι τόσο ισχυρά, ώστε μπορούν να μετακινούν τα ιζήματα. Υπάρχουν **ρεύματα περιδιδήσεως** (turbidity currents) παρόμοια με τα αέρινα ρεύματα ολισθήσεως που παρατηρούνται στην ξηρά, τα οποία μπορούν να μετακινούν μεγάλες μάζες ιζημάτων. Τα ρεύματα περιδιδήσεως είναι γνωστό, ότι μπορούν να διαλύουν χονδρά καλώδια που έχουν ποντισθεί στο βυθό των ωκεανών. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, καθώς και του αργού ρυθμού εναποθέσεως, η δυνατότητα γεωλογικής καταγραφής των θαλασσίων ιζημάτων είναι ευνοϊκότερη από τη δυνατότητα καταγραφής των χερσαίων ιζημάτων.

Τα θαλάσσια ιζήματα αποτελούνται από μεμονωμένα σωματίδια όλων των μεγεθών, από τον πιο λεπτό πηλό μέχρι τους τεράστιους ογκόλιθους. Σε γενικές γραμμές, οι ανόργανες εναποθέσεις κοντά στην ακτή είναι σχετικά τραχείες (άμμος, πέτρες, χαλίκια κλπ.), ενώ οι εναποθέσεις που βρίσκονται στο

βυθό των βαθέων υδάτων είναι πολύ λεπτότερες (πηλός). Σε μερικές περιοχές τα πυριτικά υπολείμματα των θαλασσιών οργανισμών ή οι ασβεστούχες εναποθέσεις (προελεύσεως είτε οργανικής είτε και ανόργανης), είναι αρκετές, ώστε να κυριαρχούν στην επιφάνεια του βυθού των ωκεανών.

Στα θαλάσσια ιζήματα συναντούμε μεγάλη ποικιλία χρωμάτων. Τα ανοικτότερα χρώματα (άσπρο ή απαλής χροιάς) συχνά σχετίζονται με χοντρούς κόκκους χαλαζία ή με εναποθέσεις ασβεστόλιθου. Τα πιο σκούρα χρώματα (κόκκινο, μπλε, πράσινο κλπ.) σχετίζονται συνήθως με τη λάσπη, στην οποία κυριαρχούν μεταλλικές ουσίες, όπως το οξειδίο του σιδήρου ή το μαγγάνιο. Η μαύρη λάσπη βρίσκεται συχνά σε περιοχή βυθού ή οποία αναταράσσεται λίγο, όπως είναι ο πυθμένας ενός ρήγματος ή μια κατάπτωση της επιφάνειας του βυθού, που δεν έχει ελεύθερη έξοδο προς άλλες περιοχές του.

Τα θαλάσσια ιζήματα μελετώνται κυρίως με δείγματα βυθού. Τα δείγματα επιφανειακών εναποθέσεων ανασύρονται με **εσκαφέα** (snapper) (για τη λάσπη, άμμο κλπ.) ή με **δράγα** (dredge) (συνήθως για βραχώδη ύλη). Αν είναι αναγκαία η λήψη δείγματος ύλης από περιοχή κάτω από την επιφάνεια του βυθού, χρησιμοποιείται **σωλήνας ιζημάτων** (coring). Η συσκευή αυτή αποτελείται κυρίως από ένα σωλήνα, που εισέρχεται κατακόρυφα μέσα στα ιζήματα του βυθού της θάλασσας με βάρη ή με εκρήξεις. Δείγμα που αποκτάται κατ' αυτό τον τρόπο αντιπροσωπεύει τη φυσική σειρά των διαφόρων στρωμάτων. Δείγματα βάθους ιζημάτων μεγαλύτερου από 100 πόδια έχουν αποκτηθεί με τη χρήση των σωλήνων ιζημάτων. Το δείγμα βυθού, που είναι δυνατό να αποκτηθεί από το ναυτιλλόμενο, αλείφοντας τη συνηθισμένη βολίδα ευρέσεως του βάθους της θάλασσας με λίπος ή με σαπούνι, αποτελεί ατελή ένδειξη των συνθηκών ύλης της επιφάνεια τους βυθού.

1.24 Συνοπτική ωκεανογραφία.

Οι βαθυθερμογραφικές παρατηρήσεις και οι θερμοκρασίες της επιφάνειας της θάλασσας αναφέρονται κατ' ευθείαν στην Κεντρική Μετεωρολογική Υπηρεσία Αριθμομετρήσεων του Στόλου των Η.Π.Α. (Fleet Numerical Weather Center), που έχει την έδρα της στο Μοντερέϋ της Καλιφόρνιας. Οι συνοπτικές αυτές αναφορές αναλύονται κατόπιν με ηλεκτρονικό υπολογιστή, για να προσδιορισθούν οι θερμικές συνθήκες του ωκεανού σε οποιοδήποτε σημείο στο Βόρειο ημισφαίριο.

Βιβλιογραφία

- Crease, J. "The Origin of Ocean Currents." *Journal of the Institute of Navigation* (British), vol. 5, no. 3 (July 1952).
- Day, A., Rear Admiral. "Navigation and Hydrography." *Journal of the Institute of Navigation* (British), vol. 6, no. 1 (January 1953).
- Deacon, G. E. R. "Oceanographical Research and Navigation." *Journal of the Institute of Navigation* (British), vol. 4, no. 3 (July 1951).
- Defant, A. *Physical Oceanography*. (2 vols.) New York, Pergamon, 1961.
- Marmar, H. A. *The Scope of Oceanography*. James Johnstone Memorial Volume. Liverpool, University Press of Liverpool, 1934.

- National Research Council. *Physics of the Earth—Oceanography*. Bulletin no. 85, Chapter V. Washington, The National Academy of Sciences, 1932.
- Satow, P. G. "Some Problems of Underwater Navigation." *Journal of the Institute of Navigation* (British), vol. 4, no. 3 (July 1951).
- Shepard, F. P. *Submarine Geology*. New York, Harper, 1948.
- Sverdrup, H. U., M. W. Johnson, and R. H. Fleming. *The Oceans, Their Physics, Chemistry and General Biology*. New York, Prentice-Hall, 1942.
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ ΚΑΙ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

Γενικά

2.1 Το παλιρροιακό φαινόμενο.

Το παλιρροιακό φαινόμενο είναι η περιοδική κίνηση των υδάτων της θάλασσας, που προκαλείται από διαφορετικές δυνάμεις έλξεως των διαφόρων ουρανίων σωμάτων, κυρίως της σελήνης και του ήλιου, οι οποίες εφαρμόζονται πάνω σε διάφορα μέρη της γης, καθώς περιστρέφονται. Η παλίρροια μπορεί να εξυπηρετεί αλλά και να δημιουργεί εμπόδια στο ναυτιλλόμενο. Ορισμένες φορές η ανύψωση και η πτώση του νερού είναι δυνατό να σχηματίζει αρκετό βάθος στη θάλασσα, ώστε να επιτρέπει τον πλου επάνω από κάποιο προσχωματικό θέλος. Άλλες φορές μπορεί να παρεμποδίζει το ναυτιλλόμενο κατά τον είσπλου σε κάποιο λιμάνι ή τον απόπλου από αυτό. Η ροή του ρεύματος μπορεί να υποβοηθά την πορεία του ναυτιλλόμενου ή να την παρεμποδίζει, μπορεί να κατευθύνει το ναυτιλλόμενο προς κινδύνους ή και μακριά από αυτούς. Κατανοώντας αυτό το φαινόμενο και κάνοντας συνετή χρήση των προγνώσεων, που δημοσιεύονται στους πίνακες παλιρροιών και παλιρροιακών ρευμάτων, καθώς και των περιγραφών που παρέχονται στις οδηγίες πλου, είναι δυνατό στο ναυτιλλόμενο να χαράξει την πορεία του και να δρομολογήσει τη διέλευσή του, έτσι ώστε η παλίρροια να τον εξυπηρετεί ή τουλάχιστον να τον βοηθά στο να αποφεύγει τους κινδύνους.

2.2 Παλίρροια και ρεύμα.

Κατά την ανύψωση και την πτώση της η παλίρροια συνοδεύεται από περιοδική οριζόντια κίνηση του νερού, που ονομάζεται **παλιρροιακό ρεύμα** (tidal current). Οι δυο κινήσεις, παλίρροια και παλιρροιακό ρεύμα, βρίσκονται σε στενή σχέση. Αποτελούν μέρη του ίδιου φαινομένου, που δημιουργείται από τις παλιρροιακές δυνάμεις του ηλίου και της σελήνης κυρίως.

Είναι, εντούτοις, απαραίτητο να γίνει σαφής διάκριση μεταξύ παλίρροιας και παλιρροιακού ρεύματος, επειδή η σχέση τους δεν είναι απλή ούτε και παντού η ίδια. Προς διευκρίνιση και αποφυγή παρανοήσεως είναι αναγκαίο να λεχθεί ότι

ο ναυτικός χρησιμοποιεί την τεχνική ορολογία: **παλίρροια** (tide) για την κατακόρυφη ανύψωση και πτώση του νερού και **παλιρροιακό ρεύμα** (tidal current) για την οριζόντια ροή. Η παλίρροια έχει πλημμυρίδα και αμπώτιδα, ενώ το παλιρροιακό ρεύμα κατευθύνεται από την ανοικτή θάλασσα προς την ακτή, οπότε παρατηρείται η πλημμυρίδα του παλιρροιακού ρεύματος, και από την ακτή προς την ανοικτή θάλασσα, οπότε παρατηρείται η αμπώτιδα του παλιρροιακού ρεύματος. Στη βρετανική πρακτική, ειδικότερα, το παλιρροιακό ρεύμα αντί να ονομάζεται «tidal current» ονομάζεται **tidal stream**.

2.3 Αίτια.

Συχνά υποστηρίζεται στην επιστήμη ότι η ικανότητα της προγνώσεως ενός φυσικού γεγονότος αποτελεί ένδειξη κατανόησεως. Επειδή οι παλίρροιες ανήκουν στα ωκεανογραφικά φαινόμενα, που είναι δυνατό να προβλέπονται με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια, μπορεί εύκολα να εξαχθεί το συμπέρασμα, ότι οι φυσικοί ωκεανογράφοι τις κατανοούν αληθινά. Δυστυχώς αυτό δεν είναι ορθό σημαντικά κενά παραμένουν. Η εξέταση των λεπτομερειών αυτής της προφανούς αντιφάσεως οδηγεί στη γνώση ενός από τους πλέον συναρπαστικούς τομείς της ωκεανογραφίας – τις ωκεάνειες παλίρροιες.

Για να διευκολυνθεί η εξέταση αυτή, είναι αναγκαίο, πριν από όλα, να γίνει συζήτηση για τις βασικές δυνάμεις που δημιουργούν την παλίρροια, καθώς και για τη θεωρητική παλιρροιακή ισορροπία, που οι δυνάμεις αυτές προσπαθούν να επιτύχουν. Οι κύριες δυνάμεις που δημιουργούν την παλίρροια στην επιφάνεια της γης, είναι αποτέλεσμα των διαφορετικών δυνάμεων έλξεως της σελήνης και του ήλιου. Η σελήνη είναι το κύριο ουράνιο σώμα, που δημιουργεί την παλίρροια. Η επίδραση της ελκτικής δυνάμεως του ήλιου είναι μόνο 46% της επιδράσεως της ελκτικής δυνάμεως της σελήνης, λόγω της μεγαλύτερης αποστάσεώς του από τη γη. Μετά από την εξέταση που γίνεται εδώ (παράγρ. 2.3), σχετικά με τη θεωρητική παλιρροιακή ισορροπία, που προκαλείται από τον ήλιο και τη σελήνη, θα περιγραφεί στην παράγραφο 2.4 η πραγματική παλίρροια, όπως παρατηρείται στη φύση. Οι παλίρροιες, που πραγματικά παρατηρούνται, παρουσιάζουν αξιοσημείωτη διαφορά από τις παλίρροιες που περιέχονται στους πίνακες προγνώσεως με βάση τη θεωρία της ισορροπίας, επειδή στη θεωρία αυτή δεν λαμβάνεται ουσιαστικά υπόψη το μέγεθος, το βάθος και η διαμόρφωση των θαλασσιών λεκανών και θαλασσιών οδών ναυσιπλοΐας, όπως ενός κόλπου, διαύλου κλπ., οι τριβές, οι μάζες ξηράς που βρίσκονται πλησίον, η Κοριόλια επιτάχυνση και άλλοι παράγοντες. Παρά ταύτα η θεωρία της ισορροπίας είναι ικανοποιητική, για να περιγραφεί το μέγεθος και η διανομή των πιο κυρίων δυνάμεων, που δημιουργούν την παλίρροια επάνω στην επιφάνεια της γης.

Δυνάμεις που δημιουργούν τη παλίρροια

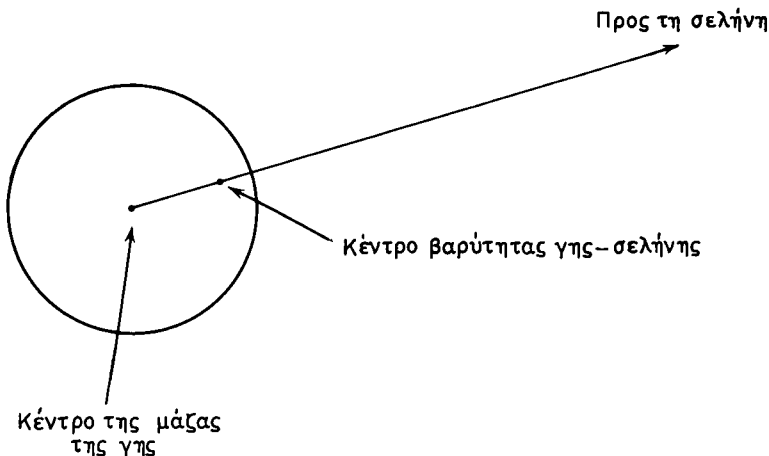
Ο παγκόσμιος νόμος του Νεύτωνα για τη βαρύτητα ορίζει τόσο τις τροχιές των ουρανίων σωμάτων, όσο και τις δυνάμεις που προκαλούν την παλίρροια και εφαρμόζονται επάνω στα σώματα αυτά. Η ελκτική δύναμη της βαρύτητας

μεταξύ οποιωνδήποτε μαζών m_1 και m_2 δίνεται από τον τύπο:

$$F = \frac{Gm_1m_2}{d^2}$$

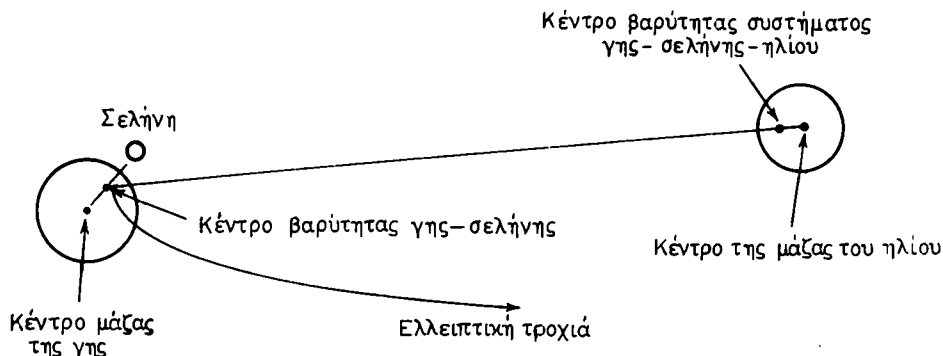
όπου d είναι η απόσταση μεταξύ των δύο μαζών και G είναι μία σταθερή, που εξαρτάται από τις μονάδες που χρησιμοποιούνται. Ο Νεύτων ήταν σε θέση να αποδείξει, ότι ομογενείς σφαίρες μπορούν να θεωρούνται μαζικά σημεία, όταν προσδιορίζεται η τροχιά τους. Εντούτοις, όταν υπολογίζονται οι διαφορετικές δυνάμεις βαρύτητας, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι πραγματικές διαστάσεις των μαζών.

Με βάση το νόμο της βαρύτητας αποκαλύφθηκε ότι οι τροχιές των δυο μαζικών σημείων είναι κωνικά τμήματα γύρω από το κέντρο βαρύτητας των δυο μαζών. Εάν η μία ή και οι δύο μάζες είναι ομογενείς σφαίρες, αντί μαζικά σημεία, οι τροχιές είναι ίδιες με εκείνες τις τροχιές που δημιουργούνται αν ολόκληρη η μάζα της σφαίρας ήταν συγκεντρωμένη σε ένα σημείο στο κέντρο της σφαίρας. Στην περίπτωση του συστήματος γης-σελήνης, τόσο η γη όσο και η σελήνη, διαγράφουν ελλειπτικές τροχιές γύρω από το κέντρο βαρύτητάς τους, αν γίνει παραδεκτή η απλοποιημένη παραδοχή, ότι και τα δυο αυτά ουράνια σώματα είναι ομογενείς σφαίρες, καθώς και ότι είναι αμελητέες οι ελκτικές δυνάμεις του ηλίου και των άλλων πλανητών. Το κέντρο βαρύτητας της γης και της σελήνης τοποθετείται σε απόσταση $0,74 R_E$ από το κέντρο της γης, όπου R_E είναι η ακτίνα της γης. Η απόσταση αυτή είναι ίση περίπου με τα $3/4$ της αποστάσεως από το κέντρο της γης, μέχρι την επιφάνειά της, κατά μήκος της γραμμής που ενώνει τα κέντρα της γης και της σελήνης (σχ. 2.3α).



Σχ. 2.3α.
Κέντρο βαρύτητας γης-σελήνης.

Έτσι το κέντρο της μάζας της γης διαγράφει μια πολύ μικρή έλλειψη γύρω από το κέντρο βαρύτητας γης-σελήνης, ενώ το κέντρο της μάζας της σελήνης διαγράφει μια πολύ ευρύτερη έλλειψη γύρω από το ίδιο κέντρο βαρύτητας. Αν δεν ληφθούν υπόψη οι δυνάμεις βαρύτητας των άλλων ουρανίων σωμάτων του ηλιακού συστήματος, ο νόμος του Νεύτωνα για τη βαρύτητα προβλέπει επίσης, ότι το κέντρο βαρύτητας της γης και σελήνης θα διαγράψει τροχιά, που είναι περίπου ελλειπτική γύρω από το κέντρο βαρύτητας του συστήματος ηλίου-γης-σελήνης. Το βαρυτομετρικό αυτό κέντρο του συστήματος βρίσκεται θεωρητικά στο εσωτερικό του ηλίου (σχ. 2.38).



Σχ. 2.38.

Τροχιά του κέντρου βαρύτητας γης-σελήνης (όχι υπό κλίμακα).

Οι **διαφορές** στις ελκτικές δυνάμεις βαρύτητας των διαφόρων ουρανίων σωμάτων, κυρίως όμως της σελήνης και του ήλιου, επάνω σε διαφορετικά μέρη της γης, καθώς αυτή περιστρέφεται γύρω από τον άξονά της και γύρω από τον ήλιο, είναι οι πιο βασικές και κύριες δυνάμεις που δημιουργούν τις παλίρροιες. Οι **διαφορετικές αυτές δυνάμεις βαρύτητας** (differential gravitational forces) περιγράφονται εδώ, λαμβάνοντας όμως κατ' αρχήν υπόψη μόνο τις επιδράσεις της σελήνης. Τα αποτελέσματα θα είναι γενικά, αλλά μπορούν να εφαρμοσθούν κατ' ευθείαν, ώστε να περιγραφούν και οι διαφορετικές ελκτικές δυνάμεις βαρύτητας που οφείλονται στον ήλιο.

Σύστημα γης-Σελήνης

Προσδιορίζοντας την τροχιά του κέντρου της μάζας της γης γύρω από το κέντρο βαρύτητας της γης-σελήνης, η ελκτική δύναμη βαρύτητας που ασκείται από τη σελήνη επάνω στη γη παρέχεται από τον τύπο:

$$F = \frac{GM_E M_M}{d_M^2}$$

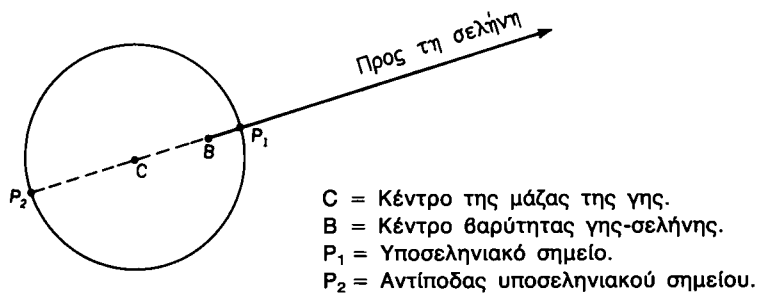
όπου M_E και M_M είναι οι μάζες της γης και της σελήνης και d_M η απόσταση μεταξύ των κέντρων των μαζών τους. Η επιτάχυνση και η δύναμη έχουν σχέση με το δεύτερο νόμο του Νεύτωνα, κατά τον οποίο $F = ma$. Η επιτάχυνση a της μάζας m είναι τότε:

$$a = \frac{F}{m}$$

Οι όροι **επιτάχυνση** και **δύναμη ανά μονάδα μάζας** είναι δυνατό να χρησιμοποιούνται εναλλακτικά. Συνδυάζοντας το νόμο του Νεύτωνα για τη βαρύτητα και το δεύτερο νόμο του περί κινήσεως, συμπεραίνουμε, ότι η επιτάχυνση του κέντρου μάζας της γης γύρω από το κέντρο βαρύτητας της γης-σελήνης είναι:

$$a_C = \frac{GM_M}{d_M^2}$$

Για να προσδιορισθεί εξάλλου η διεύθυνση και το μέγεθος της δυνάμεως της σελήνης, που δημιουργεί την παλίρροια, ο απλούστερος τρόπος είναι να ληφθούν υπόψη το σεληνιακό σημείο και ο αντίποδός του επάνω στη γη. Τα δυο αυτά σημεία σημειώνονται σαν P_1 , και P_2 στο σχήμα 2.3γ.



Σχ. 2.3γ.

Υποσεληνιακό σημείο και αντίποδας.

Η επιτάχυνση στο σημείο P_1 που οφείλεται στην ελκτική δύναμη της βαρύτητας της σελήνης, είναι:

$$a_1 = \frac{GM_M}{(d_M - R_E)^2}$$

όπου R_E είναι η ακτίνα της γης. Η επιτάχυνση στο σημείο P_2 , που οφείλεται και πάλι στην ελκτική δύναμη της βαρύτητας της σελήνης, είναι:

$$a_2 = \frac{GM_M}{(d_M + R_E)^2}$$

Η διαφορική επιτάχυνση στο σημείο P_1 , που είναι η επιτάχυνση στο P_1 σε σχέση με την επιτάχυνση στο κέντρο της γης, είναι:

$$a_1 - a_c = \frac{GM_M}{(d_M - R_E)^2} - \frac{GM_M}{d_M^2}$$

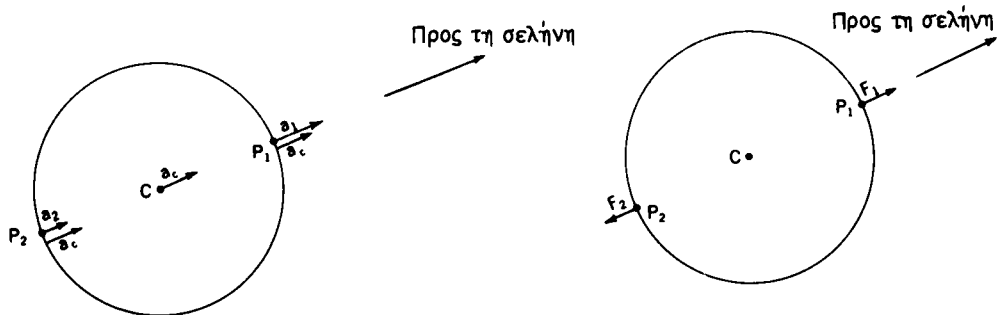
Ύστερα από μερικές απλοποιήσεις αυτή η σχέση γίνεται:

$$a_1 - a_c = \frac{2GM_MR_E}{d_M^3}$$

Αυτή είναι η διαφορική επιτάχυνση ή η διαφορική δύναμη ανά μονάδα μάζας στο σεληνιακό σημείο P_1 . Με τον ίδιο τρόπο συμπεραίνομε, ότι η διαφορική επιτάχυνση στον αντίποδα, σημείο P_2 , είναι:

$$a_2 - a_c = \frac{-2GM_MR_E}{d_M^3}$$

Τόσο οι επιταχύνσεις, όσο και οι διαφορικές επιταχύνσεις που δημιουργούνται ή οι διαφορικές δυνάμεις ανά μονάδα μάζας, φαίνονται στο σχήμα 2.3δ.



- 1) Διαφορική δύναμη βαρύτητας ανά μονάδα μάζας στο υποσεληνιακό σημείο P_1 : είναι $a_1 - a_c$.
- 2) Διαφορική δύναμη βαρύτητας ανά μονάδα μάζας στον αντίποδα P_2 : είναι $a_2 - a_c$.

F_1 και F_2 αντιπροσωπεύουν τις διαφορικές δυνάμεις ανά μονάδα μάζας στο υποσεληνιακό σημείο και στον αντίποδα, σημεία P_1 και P_2 , όπου:
 $F_1 = a_1 - a_c$
 $F_2 = a_2 - a_c$

Σχ. 2.3δ.

Διαφορικές δυνάμεις βαρύτητας ανά μονάδα μάζας στο υποσεληνιακό σημείο και στον αντίποδα.

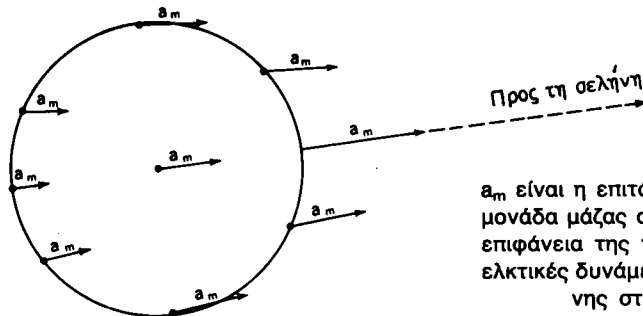
Σημειώστε ότι η διαφορική δύναμη βαρύτητας ανά μονάδα μάζας στον αντίποδα, σημείο P_2 , είναι αρνητική. Έτσι οι διαφορικές δυνάμεις βαρύτητας

της σελήνης, τόσο στο σεληνιακό σημείο, όσο και στον αντίποδα, είναι κατακόρυφες και κατευθύνονται μακριά από το κέντρο της γης.

Περισσότερο πολύπλοκη κατάσταση προκαλείται, όταν οι δυνάμεις βαρύτητας της σελήνης επενεργούν επάνω σε σημεία της επιφάνειας της γης, που δεν είναι το υποσεληνιακό σημείο ή ο αντίποδάς του. Για να βρεθούν οι διαφορικές επιταχύνσεις στο υποσεληνιακό σημείο και στον αντίποδα, ήταν απαραίτητο μόνο να ληφθεί υπόψη η αλγεβρική διαφορά μεταξύ των επιταχύνσεων στην επιφάνεια και των επιταχύνσεων στο κέντρο της γης. Στα άλλα όμως σημεία επάνω στην επιφάνεια της γης, τόσο το μέγεθος όσο και η κατεύθυνση των ελκτικών δυνάμεων βαρύτητας της σελήνης διαφέρουν από το μέγεθος και την κατεύθυνση που εφαρμόζονται στο κέντρο της (σχ. 2.3ε). Για να λάβουμε τις διαφορικές επιταχύνσεις στα άλλα σημεία, είναι απαραίτητο να αφαιρέσουμε τις επιταχύνσεις διανυσματικά:

$$\bar{F}_D = \bar{a}_M - \bar{a}_c$$

όπου \bar{F}_D είναι η διαφορική επιτάχυνση ή διαφορική δύναμη ανά μονάδα μάζας, σε οποιοδήποτε σημείο επάνω στην επιφάνεια της γης, \bar{a}_c είναι η επιτάχυνση του κέντρου μάζας της γης και \bar{a}_M είναι η επιτάχυνση ή η δύναμη ανά μονάδα μάζας στο οποιοδήποτε σημείο που εξετάζουμε και που οφείλεται στην ελκτική δύναμη βαρύτητας της σελήνης, που επενεργεί επάνω σε αυτό το σημείο (σχ. 2.3στ).

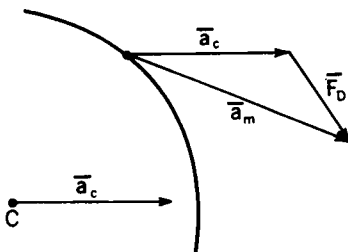


a_m είναι η επιτάχυνση ή η δύναμη ανά μονάδα μάζας σε διάφορα σημεία στην επιφάνεια της γης που οφείλεται στις ελκτικές δυνάμεις βαρύτητας της σελήνης στα σημεία αυτά.

Σχ. 2.3ε.

Δυνάμεις, ανά μονάδα μάζας, στην επιφάνεια της γης που οφείλονται στις ελκτικές δυνάμεις βαρύτητας της σελήνης.

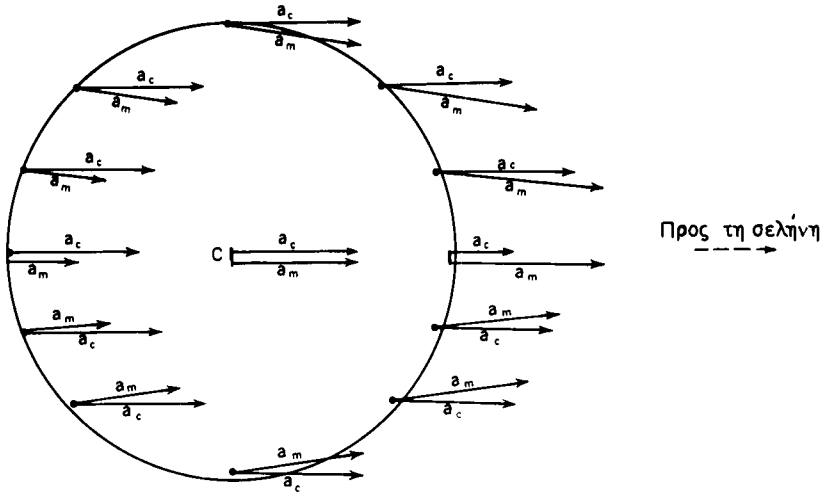
Δείχνονται μόνο η επιτάχυνση στο κέντρο της γης και η επιτάχυνση κατά μήκος ενός μεγάλου κύκλου, δια μέσου του υποσεληνιακού σημείου και του αντίποδα.



Σχ. 2.3στ.

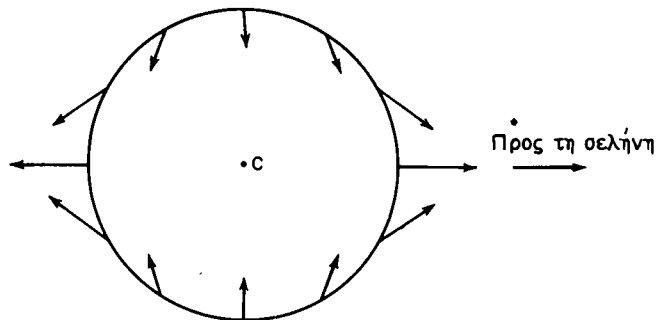
Διαφορική δύναμη ανά μονάδα μάζας. \bar{F}_D είναι η διανυσματική διαφορά $\bar{a}_m - \bar{a}_c$.

Οι σχετικές επιδράσεις των \bar{a}_M και \bar{a}_c στο κέντρο της γης και σε διάφορα σημεία κατά μήκος ενός μεγάλου κύκλου, δια μέσου του υποσεληνιακού σημείου και του αντίποδα, φαίνονται στο σχήμα 2.3ζ. Οι διαφορικές δυνάμεις που προκαλούνται ανά μονάδα μάζας φαίνονται στο σχήμα 2.3η.



Σχ. 2.3ζ.

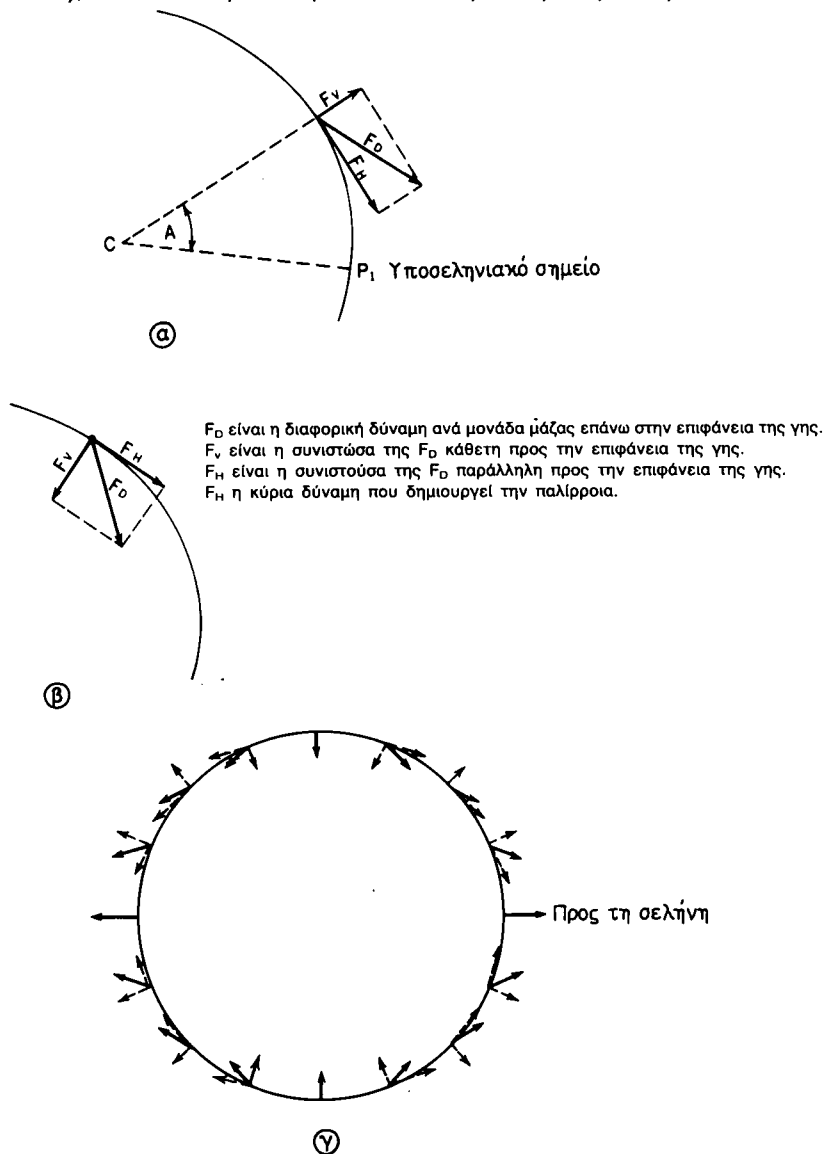
Επιταχύνσεις που οφείλονται στις ελκτικές δυνάμεις βαρύτητας της σελήνης, \bar{a}_m , συγκρινόμενες με την επιτάχυνση του κέντρου της γης, \bar{a}_c . Οι συγκρίσεις γίνονται στο κέντρο της γης και σε διάφορα σημεία, κατά μήκος ενός μέγιστου κύκλου που ενώνει το υποσεληνιακό σημείο και τον αντίποδα. Οι επιδράσεις θα είναι οι ίδιες κατά μήκος όλων των μεγάλων κύκλων που ενώνουν τα δύο αυτά σημεία.



Σχ. 2.3η.

Διαφορικές δυνάμεις κατά μήκος ενός μέγιστου κύκλου που ενώνει το υποσεληνιακό σημείο και τον αντίποδα.

Αν υποθέσουμε ότι ολόκληρη η επιφάνεια της γης είναι καλυμμένη με κάποιο ομοιόμορφο στρώμα νερού, τότε οι διαφορικές δυνάμεις είναι δυνατό να αναλυθούν σε συνιστώσες κατακόρυφες και παράλληλες προς την επιφάνεια της γης (σχ. 2.3θ), ώστε να προσδιορισθεί έτσι η επίδρασή τους.



Σχ. 2.3θ.

Διαφορική δύναμη που αναλύεται σε οριζόντιες και κατακόρυφες συνιστώσες.
 α) F_D που κατευθύνεται έξω από την επιφάνεια. β) F_D που κατευθύνεται προς την επιφάνεια.
 γ). Μεταβαλλόμενες διευθύνσεις της F_D κατά μήκος ενός μέγιστου κύκλου, δια μέσου του υποσεληνιακού σημείου.

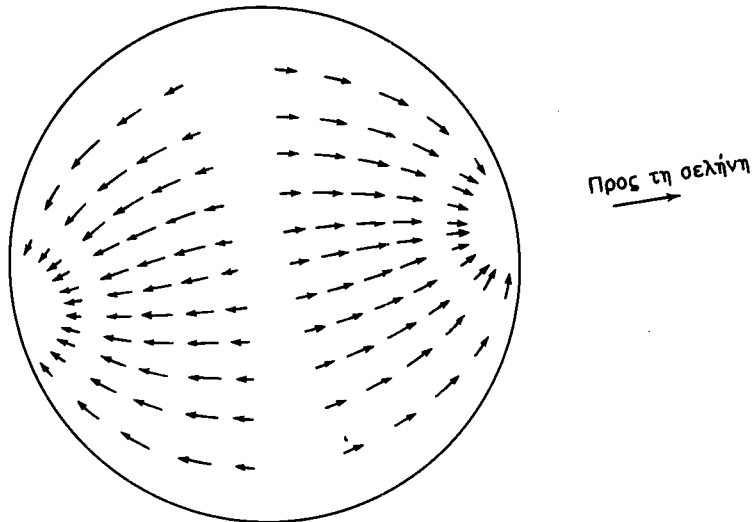
Οι συνιστώσες των διαφορικών εκείνων δυνάμεων που είναι κατακόρυφες προς την επιφάνεια της γης, έχουν ως αποτέλεσμα να μεταβάλλουν το βάρος της μάζας, επάνω στην οποία επενεργούν. Οι κατακόρυφες αυτές συνιστώσες δεν συνεισφέρουν στο παλιρροιακό φαινόμενο. Οι οριζόντιες όμως συνιστώσες που είναι παράλληλες προς την επιφάνεια της γης, αν και είναι μικρές, έχουν εντούτοις αποτέλεσμα να μετακινούν το νερό σε οριζόντια κατεύθυνση, προς το υποσεληνιακό σημείο και τον αντίποδα, μέχρι που να βρουν κάποιο σημείο ισορροπίας. Οι οριζόντιες δηλαδή συνιστώσες των διαφορικών δυνάμεων είναι οι κύριες δυνάμεις που δημιουργούν την παλίρροια. Αυτές οι δυνάμεις ονομάζονται και **ελκτικές δυνάμεις** (tractive forces). Το σχήμα 2.3ι δείχνει τις ελκτικές δυνάμεις κατά μήκος της επιφάνειας της γης.

Τα μεγέθη των οριζοντίων και κατακορύφων συνιστωσών είναι:

$$F_H = \frac{3}{2} \frac{GM_M R_E}{d_M^3} \eta \mu 2A$$

$$F_V = \frac{GM_M R_E}{d_M^3} (3\sigma \nu^2 A - i)$$

όπου A είναι η γωνία στο κέντρο της γης, μεταξύ της γραμμής που ενώνει το



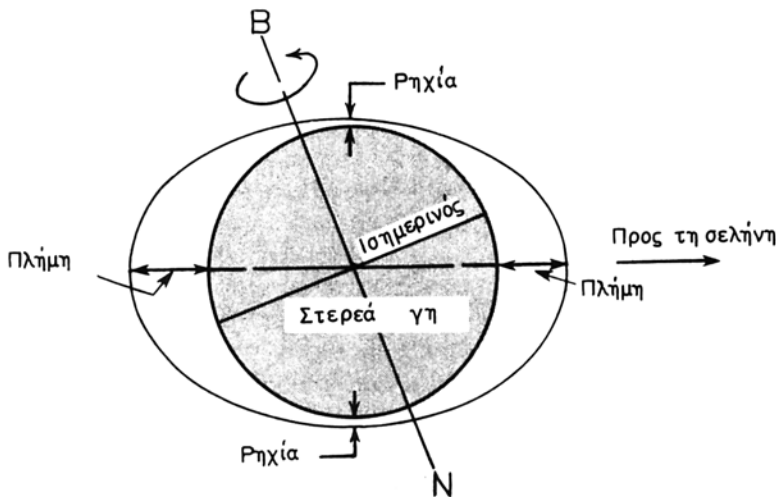
Σχ. 2.3ι.

Ελκτικές δυνάμεις κατά μήκος της επιφάνειας της γης.

Οι ελκτικές δυνάμεις έχουν μηδενική τιμή στο υποσεληνιακό σημείο και στον αντίποδα, καθώς και κατά μήκος του μέγιστου κύκλου, στο ήμισυ της διαδρομής μεταξύ των δύο αυτών σημείων. Οι ελκτικές δυνάμεις έχουν τη μεγαλύτερη τιμή τους κατά μήκος των μικρών κύκλων που βρίσκονται 45° από το υποσεληνιακό σημείο και τον αντίποδα.

υποσεληνιακό σημείο και τον αντίποδα και της γραμμής που περνά από το κέντρο της γης και από το σημείο που εξετάζουμε (σχ. 2.3θ). Έτσι μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η οριζόντια συνιστώσα, η οποία δημιουργεί την παλίρροια, όπως προαναφέρθηκε, έχει μηδενική τιμή, όταν η γωνία A είναι 0° . (βρίσκεται δηλαδή στο σεληνιακό σημείο και στον αντίποδα). Έχει επίσης μηδενική τιμή, όταν η γωνία A είναι 90° . Η γωνία αυτή ανταποκρίνεται περίπου σε γωνία που σχηματίζεται σε ένα μεγάλο κύκλο, ο οποίος ενώνει παρατηρητές που βλέπουν τη σελήνη να δύει. Η μεγαλύτερη τιμή του οριζώντιου στοιχείου F_H ανταποκρίνεται σε γωνία A 45° .

Ισορροπία επιτυγχάνεται, όταν σχηματισθεί ένα υδάτινο κύρτωμα (φούσκωμα), στο υποσεληνιακό σημείο και στον αντίποδα, έτσι ώστε οι ελκτικές δυνάμεις που οφείλονται στις διαφορικές δυνάμεις βαρύτητας της σελήνης και που ενεργούν επάνω στη μάζα του νερού, η οποία καλύπτει την επιφάνεια της γης, να εξισορροπούνται με την ελκτική δύναμη βαρύτητας της γης (σχ. 2.3ια).



Σχ. 2.3ια.

Θεωρητική διαμόρφωση ισορροπίας που οφείλεται στις διαφορικές δυνάμεις βαρύτητας της σελήνης.

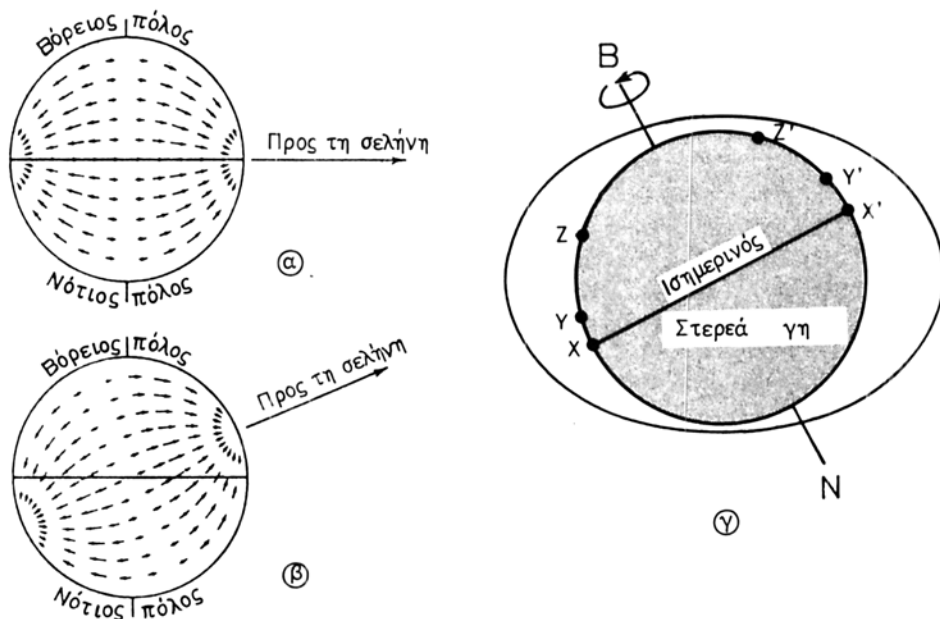
Μία διογκωση του υδάτινου φακέλου βρίσκεται στο υποσεληνιακό σημείο και μία άλλη στον αντίποδα.

Ας λάβουμε υπόψη τώρα τις επιδράσεις λόγω της περιστροφής της γης, που τις είχαμε θεωρήσει προηγουμένως ως αμελητέες. Αν η απόκλιση της σελήνης είναι 0° , οι διογκώσεις θα βρίσκονται επάνω στον ισημερινό της γης. Καθώς η γη περιστρέφεται, ένας παρατηρητής που βρίσκεται επάνω στον ισημερινό, θα σημειώσει ότι η σελήνη διέρχεται από τον ισημερινό κάθε 24 ώρες και 50 λεπτά περίπου. Επειδή όμως υπάρχουν δύο διογκώσεις νερού επάνω στον ισημερινό, μία δηλαδή στο υποσεληνιακό σημείο και μία στον αντίποδα, ο παρατηρητής θα

διαπιστώσει επίσης την ύπαρξη δύο παλιρροιακών πλημών, κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου, μεταξύ δύο διαδοχικών διελεύσεων της σελήνης. Την πρώτη πλήμη, όταν η σελήνη θα βρίσκεται επάνω από το κεφάλι του, και τη δεύτερη 12 ώρες και 25 λεπτά αργότερα, όταν η παρατήρηση αντιστοιχεί στο σημείο του αντίποδα. Ο παρατηρητής θα διαπιστώσει επίσης δύο ρηχίες της παλίρροιας, ανά μία μεταξύ των δύο διαδοχικών παλιρροιακών πλημών. Το εύρος αυτών των παλιρροιών ισορροπίας, για παρατηρήσεις επάνω στον ισημερινό, είναι μεγαλύτερο από 1 μέτρο.

Τα ύψη των δύο πλημών είναι ίσα επάνω στον ισημερινό. Σε σημεία όμως βόρεια η νότια από αυτόν ο παρατηρητής θα διαπιστώσει και πάλι δύο παλιρροιακές πλήμες και δύο παλιρροιακές ρηχίες. Τα ύψη των πλημών αυτών θα είναι και πάλι ίσα, μεταξύ τους δεν θα είναι όμως τόσο μεγάλα, όσο είναι όταν οι παρατηρήσεις γίνονται σε σημεία που βρίσκονται επάνω στον ισημερινό.

Οι επιδράσεις λόγω της αποκλίσεως της σελήνης φαίνονται στο σχήμα 2.31β.



Σχ. 2.31β.

Επιδράσεις της αποκλίσεως της σελήνης.

- α) Όταν η σελήνη είναι στο επίπεδο του ισημερινού, οι δυνάμεις είναι ίσες, ως προς το μέγεθός τους, σε δύο σημεία επάνω στον ίδιο παράλληλο πλάτους και 180° μακριά ως προς το μήκος.
- β) Όταν η σελήνη είναι σε βόρεια (ή νότια) απόκλιση, οι δυνάμεις είναι άνισες στα σημεία αυτά και τείνουν να προκαλέσουν ανισότητα στις δύο παλιρροιακές πλήμες και στις δύο ρηχίες της ημέρας.
- γ) Παρατηρητές στα σημεία X, Y, και Z διαπιστώνουν μία πλήμη, όταν η σελήνη βρίσκεται στο μεσημβρινό τους και άλλη μία πλήμη κατόπιν, μετά από 12 ώρες 25 λεπτά, όταν η σελήνη θα βρίσκεται στον αντίποδά τους (σημεία X', Y' και Z'). Η δεύτερη πλήμη είναι η ίδια στο X' με την πλήμη στο X. Οι πλήμες στα σημεία Y' και Z' είναι χαμηλότερες από τις πλήμες στα Y και Z.

Στις προηγούμενες παραγράφους αναπτύχθηκαν τα όσα είχαν σχέση με τις δυνάμεις που προκαλούν την παλίρροια και που οφείλονται στις διαφορικές δυνάμεις βαρύτητας της σελήνης επάνω στη γη. Για το υποσεληνιακό σημείο η δύναμη ανά μονάδα μάζας είχε βρεθεί ότι ήταν:

$$\frac{2GM_M R_E}{d_M^3}$$

Με τον ίδιο τρόπο βρίσκουμε ότι οι διαφορικές δυνάμεις βαρύτητας ανά μονάδα μάζας που οφείλονται στην παρουσία του ηλίου στο υποηλιακό σημείο, είναι:

$$\frac{2GM_S R_E}{d_S^3}$$

όπου M_S είναι η μάζα του ηλίου και d_S η απόσταση μεταξύ των κέντρων της μάζας του ηλίου και της γης. Για να διαπιστωθούν οι σχετικές επιδράσεις του ηλίου και της σελήνης, πρέπει να χρησιμοποιηθεί η αναλογία των δύο αυτών εκφράσεων. Αυτή η σχέση είναι:

$$\left(\frac{M_S}{M_m} \right) \left(\frac{d_M}{d_S} \right)^3$$

Η αριθμητική τιμή της σχέσεως είναι 0,46. Συνεπώς η επίδραση της σελήνης είναι δύο φορές και ένα τέταρτο περίπου μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του ηλίου, παρά το ότι η μάζα της σελήνης δεν είναι παρά ελάχιστο κλάσμα της μάζας του ηλίου. Η τιμή αυτή οφείλεται επίσης και στο γεγονός ότι οι διαφορικές δυνάμεις μεταβάλλονται αντιστρόφως ανάλογα προς τον κύβο της αποστάσεως. Έτσι η μικρότερη μάζα της σελήνης αντισταθμίζεται από την κατά πολύ μικρότερη απόστασή της από τη γη.

Η ανάπτυξη του θέματος, σχετικά με τις επιδράσεις της σελήνης, που προηγήθηκε, έχει την ίδια σημασία με την ανάπτυξη του θέματος των επιδράσεων του ηλίου, μολονότι το μέγεθος των ηλιακών επιδράσεων είναι μικρότερο από το μέγεθος των επιδράσεων της σελήνης. Εντούτοις οι παλίρροιες θα μεταβάλλονται και πάλι σύμφωνα με την απόκλιση του ηλίου και με τη μεταβαλλόμενη συνεχώς απόστασή του από τη γη. Ένας δεύτερος υδάτινος φάκελος, που αντιπροσωπεύει τις εξισοροπημένες παλίρροιες, οι οποίες οφείλονται στην επίδραση του ηλίου, θα μοιάζει με τον υδάτινο φάκελο που φαίνεται στο σχήμα 2.3ια, εκτός από τα ύψη των παλιρροιακών πηλμών που θα είναι τώρα μικρότερα.

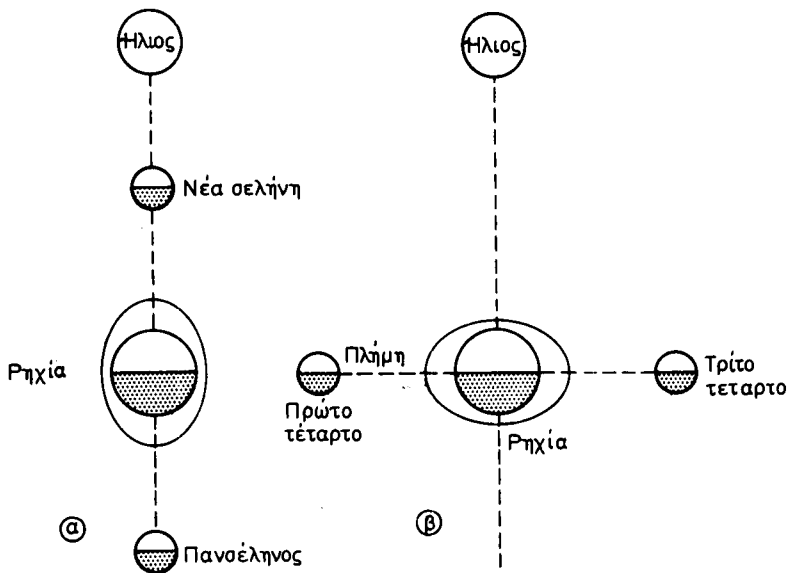
Παλίρροιες συζυγιών και τετραγωνισμών

Συνδυασμένο αποτέλεσμα από την επίδραση σελήνης-ηλίου προκύπτει, όταν προσθέσουμε διανυσματικά τις ελκτικές δυνάμεις του ηλίου στις ελκτικές δυνάμεις της σελήνης. Η παλιρροιακή διόγκωση που προκαλείται, θα οφείλεται κυρίως στη σελήνη, η επίδραση όμως του ηλίου θα τροποποιεί τόσο το ύψος

της παλίρροιας, όσο και την κατεύθυνση της παλιρροιακής διογκώσεως. Ειδικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι περιπτώσεις των χρονικών περιόδων της νέας σελήνης και της πανσελήνου (σχ. 2.3ιγ). Όταν η γη, η σελήνη και ο ήλιος βρίσκονται περίπου στην ίδια ευθεία, οι ελκτικές δυνάμεις του ηλίου επενεργούν προς την ίδια κατεύθυνση με τις ελκτικές δυνάμεις της σελήνης (τροποποιημένες από την επίδραση της αποκλίσεως) με αποτέλεσμα να δημιουργούνται **παλίρροιας συζυγιών** (spring tides), των οποίων τα ύψη είναι μεγαλύτερα από τα ύψη των μεσαίων τιμών.

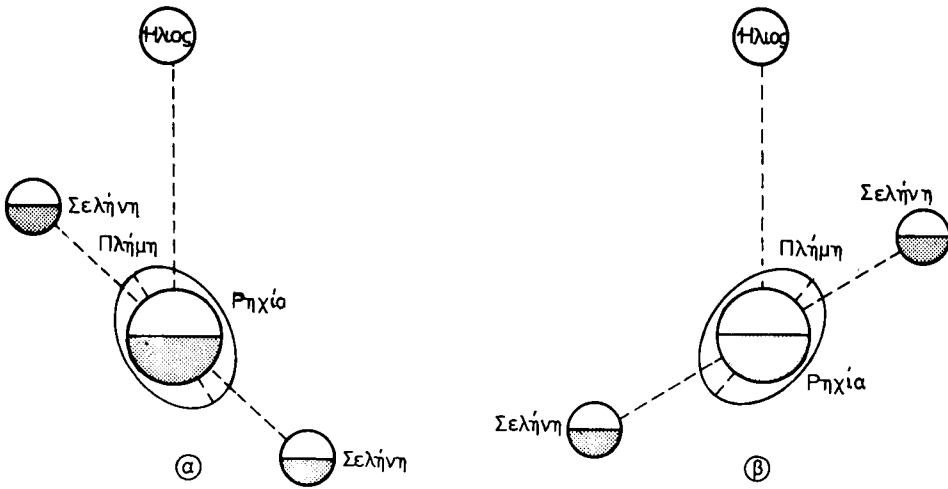
Άλλη μία περίπτωση παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον, συγκεκριμένα όταν η σελήνη βρίσκεται στο πρώτο και τρίτο τέταρτο της τροχιάς της γύρω από τη γη. Τότε οι ελκτικές δυνάμεις του ηλίου επενεργούν κατά ορθές γωνίες περίπου στις ελκτικές δυνάμεις της σελήνης (σχ. 2.3ιγ). Αποτέλεσμα του φαινομένου αυτού είναι να δημιουργούνται **παλίρροιας τετραγωνισμών** (neap tides) των οποίων τα ύψη είναι μικρότερα από τα ύψη των μεσαίων τιμών.

Σε θέσεις μεταξύ των τετάρτων και της νέας σελήνης και πανσελήνου η επίδραση του ηλίου προκαλεί παλιρροιακή διόγκωση που καθυστερεί η επιταχύνει τη διόγκωση που οφείλεται στην επίδραση της σελήνης (σχ. 2.3ιδ). Αυτές οι επιδράσεις ονομάζονται **επιδράσεις παλιρροιακής επιταχύνσεως** ή **επιβραδύνσεως** (priming ή lagging the tides).



Σχ. 2.3ιγ.

- α) Παλίρροιας συζυγιών πραγματοποιούνται κατά τη νέα σελήνη και την πανσέληνο. Το εύρος της παλίρροιας είναι μεγαλύτερο από το εύρος μεσαίων τιμών, επειδή οι ελκτικές δυνάμεις του ηλίου και της σελήνης ενεργούν στην ίδια κατεύθυνση.
- β) Παλίρροιας τετραγωνισμού πραγματοποιούνται, όταν η σελήνη είναι στο πρώτο και τρίτο τέταρτο. Το εύρος της παλίρροιας είναι μικρότερο από το εύρος μεσαίων τιμών, επειδή οι ελκτικές δυνάμεις του ηλίου και της σελήνης ενεργούν κατά ορθές γωνίες.



Σχ. 2.31δ.

Παλιρροιακή επιτάχυνση και επιβράδυνση.

- α) Παλιρροιακή επιτάχυνση παρατηρείται μεταξύ νέας σελήνης και της θέσεως της στο πρώτο τέταρτο, καθώς και μεταξύ πανσελήνου και της θέσεως της σελήνης στο τρίτο τέταρτο.
- β) Παλιρροιακή επιβράδυνση παρατηρείται, όταν η σελήνη βρίσκεται σε θέσεις μεταξύ του πρώτου τέταρτου και της πανσελήνου, καθώς και μεταξύ του τρίτου τέταρτου και της νέας σελήνης. Η πλήμη παρατηρείται μετά από τη διέλευση της σελήνης.

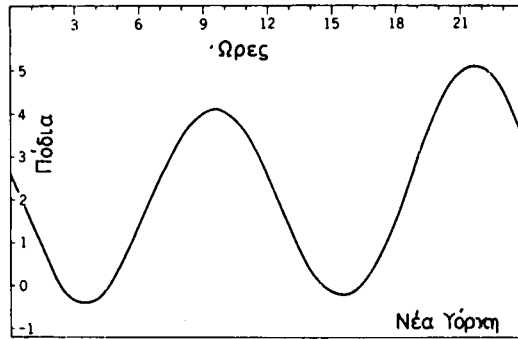
ΠΑΛΙΡΡΟΙΑ

2.4 Γενικά χαρακτηριστικά.

Παλίρροια είναι η περιοδική ανύψωση και πτώση του νερού που συνοδεύει το παλιρροιακό φαινόμενο. Στις περισσότερες περιοχές πραγματοποιείται δύο φορές την ημέρα. Το νερό ανέρχεται μέχρις ότου φθάσει ένα μέγιστο ύψος που ονομάζεται **παλιρροιακή πλήμη** (high tide ή high water), κατόπιν κατέρχεται στο ελάχιστο επίπεδο που ονομάζεται **παλιρροιακή ρηχία** (low tide ή low water).

Η τιμή ανυψώσεως και πτώσεως δεν είναι ομοιόμορφη. Το νερό αρχίζει να ανέρχεται από τη ρηχία αργά στην αρχή, αλλά με συνεχώς επιταχυνόμενο ρυθμό, μέχρι τη μισή περίπου διαδρομή προς την πλήμη. Η τιμή της πλημμυρίδας (rise) τότε ελαττώνεται, μέχρι που να γίνει μηδενική και σταματήσει στην πλήμη. Η πτώση της παλίρροιας, η άμπωτις (fall), υπακούει στους ίδιους νόμους. Η περίοδος που διαρκεί η πλήμη ή η ρηχία, κατά την οποία δεν υπάρχει αξιόλογη μεταβολή του επιπέδου του νερού, ονομάζεται **στασιμότητα** (stand). Η διαφορά ύψους μεταξύ πλήμης και διαδοχικής ρηχίας ονομάζεται **εύρος παλίρροιας** (range).

Το σχήμα 2.4 αποτελεί γραφική απεικόνιση της πλημμυρίδας και της άμπωτιδας στη Νέα Υόρκη κατά τη διάρκεια 24 ωρών. Η παλιρροιακή καμπύλη έχει τη γενική μορφή της ημιτονοειδούς καμπύλης.



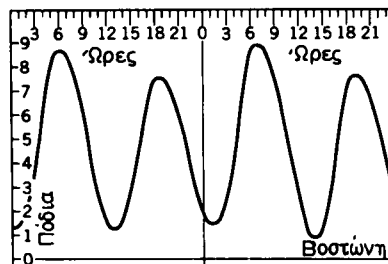
Σχ. 2.4.

Η πλημμυρίδα και η άμπωτη στην Νέα Υόρκη, γραφικά.

2.5 Τύποι παλίρροιών.

Ένα σώμα νερού έχει φυσική περίοδο ταλαντώσεως που εξαρτάται από τις διαστάσεις του. Κανένας από τους ωκεανούς δεν φαίνεται να είναι κάποιο απλό σώμα που ταλαντεύεται. Αντίθετα σχηματίζεται μάλλον από αριθμό ταλαντευομένων λεκανών. Επειδή κάθε θαλάσσια λεκάνη βρίσκεται υπό την επίδραση των δυνάμεων που δημιουργούν την παλίρροια, ορισμένες από αυτές ανταποκρίνονται πιο εύκολα στις καθημερινές ή ημερήσιες δυνάμεις. Άλλες ανταποκρίνονται στις ημιημερήσιες δυνάμεις και άλλες σχεδόν εξίσου και στις δύο. Έτσι οι παλίρροιες κατατάσσονται σε έναν από τους τρεις τύπους – **ημιημερήσιες** (semidiurnal), **ημερήσιες** (diurnal) και **μικτές** (mixed), σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά του παλίρροιακού προτύπου του τόπου της παρατηρήσεως.

Στον **ημιημερήσιο** τύπο παλίρροιας υπάρχουν δύο πλήρες και δύο ρηχίες κάθε παλίρροιακή ημέρα, με σχετικά μικρή ανισότητα στα ύψη τους. Οι παλίρροιες στις ακτές των Ηνωμένων Πολιτειών προς τον Ατλαντικό είναι αντιπροσωπευτικές του ημιημερήσιου τύπου που απεικονίζεται στο σχήμα 2.5α με την παλίρροιακή καμπύλη του λιμανιού της Βοστώνης.

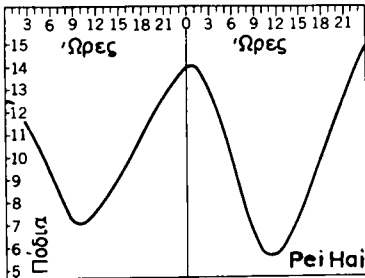


Σχ. 2.5α.

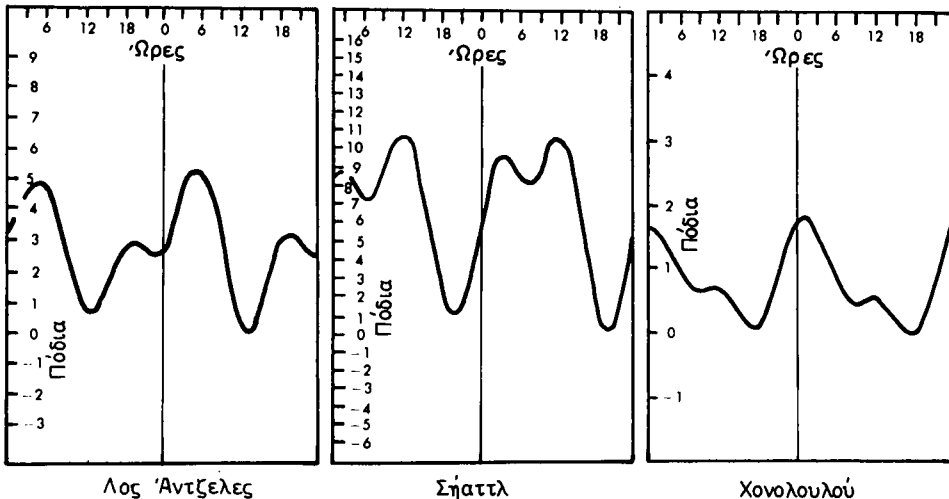
Ημιημερήσιος τύπος παλίρροιας.

Στον **ημερήσιο** τύπο παλίρροιας υπάρχει μία μόνο πλήμη και μία μόνο ρηχία κατά τη διάρκεια της παλιρροιακής ημέρας. Παλίρροιας του ημερήσιου τύπου παρατηρούνται κατά μήκος των βορείων ακτών του κόλπου του Μεξικού, στη θάλασσα της Ιάβας, στον κόλπο του Τογκίνου (έξω από τις ακτές του Βιετνάμ και της Κίνας) και σε μερικές άλλες τοποθεσίες. Η παλιρροιακή καμπύλη του Ρεϊ-Χαϊ της Κίνας που απεικονίζεται στο σχήμα 2.56 είναι ένα παράδειγμα του ημερήσιου τύπου.

Στο **μικτό** τύπο παλίρροιας οι ημερήσιες και ημιημερήσιες ταλαντώσεις αποτελούν σπουδαίους παράγοντες. Η παλίρροια του τύπου αυτού χαρακτηρίζεται και από μεγάλη ανισότητα των υψών των πλημών, των υψών των ρηχιών ή και των δύο. Υπάρχουν συνήθως δύο πλήμες και δύο ρηχίες κατά τη διάρκεια της ημέρας. Παρά ταύτα η παλίρροια μπορεί να είναι και ημερήσιου τύπου, σε διάφορες περιπτώσεις. Παλίρροιας μικτού τύπου επικρατούν κατά μήκος των ακτών των Ηνωμένων Πολιτειών που βρίσκονται στον Ειρηνικό και σε πολλά άλλα μέρη του κόσμου. Παραδείγματα των μικτών τύπων παλίρροιας απεικονίζονται στο σχήμα 2.5γ. Στο Λος Άντζελες παρατηρείται σαν τυπικό χαρακτηρι-



Σχ. 2.56.
Ημερήσιος τύπος παλίρροιας.



Σχ. 2.5γ.
Μικτός τύπος παλίρροιας.

στικό ότι οι ανισότητες στις πλήμες και στις ρηχίες είναι περίπου οι ίδιες. Στο Σηάττλ οι μεγαλύτερες ανισότητες παρατηρούνται τυπικά στις ρηχίες, ενώ στη Χονολουλού οι πλήμες είναι εκείνες που έχουν τις μεγαλύτερες ανισότητες.

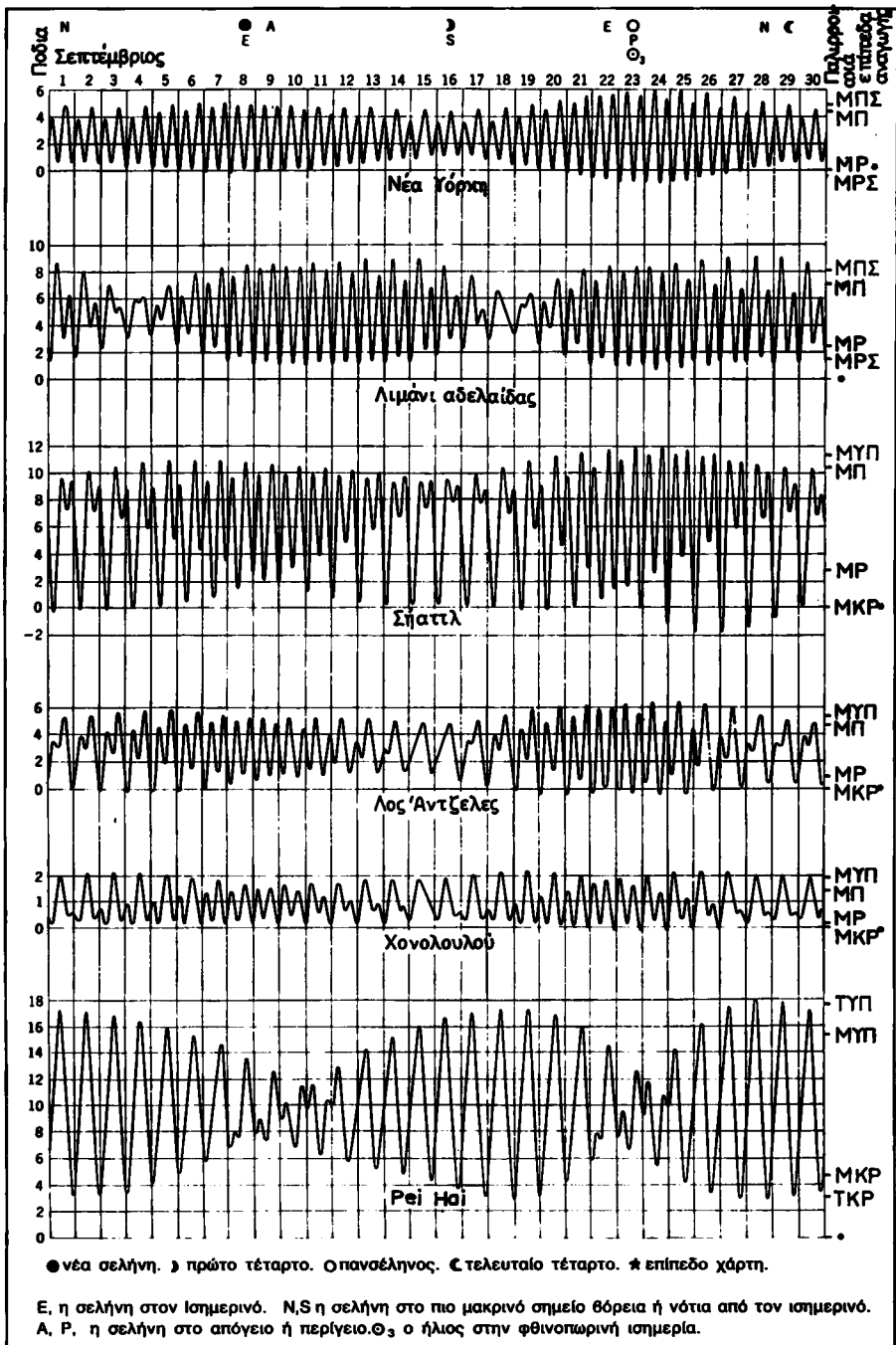
2.6 Ηλιακή παλίρροια (solar tide).

Η φυσική περίοδος ταλαντώσεως της μάζας ενός όγκου νερού είναι δυνατόν να ανταποκρίνεται είτε στις σεληνιακές είτε στις ηλιακές ταλαντώσεις. Παρά το γεγονός όμως ότι αποτελεί γενικό κανόνα οι παλίρροιες να ακολουθούν την επίδραση της σελήνης, θα πρέπει εντούτοις να ληφθεί υπόψη και η σχετική σπουδαιότητα της επιδράσεως του ηλίου, η οποία όμως είναι χαρακτηριστικά διαφορετική σε διαφορετικές περιοχές. Υπάρχουν ορισμένες, λίγες έστω, τοποθεσίες, ιδίως στο Νότιο Ειρηνικό και στις περιοχές της Ινδονησίας, στις οποίες η ηλιακή ταλάντωση είναι η περισσότερο σπουδαία και όχι η σεληνιακή. Στις τοποθεσίες αυτές οι πλήμες και οι ρηχίες της παλίρροιας πραγματοποιούνται την ίδια ώρα περίπου κάθε ημέρα. Στο λιμάνι της Αδελαΐδας, στην Αυστραλία (σχ. 2.6), οι ηλιακές και οι σεληνιακές ημήμερησιες ταλαντώσεις είναι ίσες και εξουδετερώνουν η μία την άλλη κατά τους τετραγωνισμούς (παράγρ. 2.8).

2.7 Ειδικές επιδράσεις.

Καθώς ένα κύμα της θάλασσας κατά την προοδευτική κίνησή του εισέρχεται σε αβαθή νερά, η ταχύτητά του ελαττώνεται. Επειδή η κοιλιά του κύματος είναι πιο αβαθής από την κορυφή του, η επιβράδυνσή της είναι μεγαλύτερη από την επιβράδυνση της κορυφής του. Προκαλείται έτσι απότομη πτώση, στο προπορευόμενο τμήμα του κύματος. Για το λόγο αυτό σε πολλούς ποταμούς η διάρκεια της παλιρροιακής ανόδου, της πλημμυρίδας δηλαδή, είναι κατά πολύ μικρότερη από τη διάρκεια της αμπώτιδας. Σε ορισμένες, λίγες, εκβολές ποταμών η προώθηση της κοιλιάς της ρηχίας έχει τόσο μεγάλη επιβράδυνση, με αποτέλεσμα η κορυφή της πλημμυρίδας να καταφθάνει την κοιλιά και να προχωρεί σαν ανοδικό ρεύμα, με τη μορφή ενός αφρώδους τοίχου νερού που ονομάζεται **διάτρημα** (bore). Φαινόμενα της μορφής αυτής, με μεγάλες διαστάσεις και επικίνδυνα, που παρατηρούνται σε παλίρροιες που έχουν κατά καιρούς μεγάλα εύρη, προκαλούν ίσως απλές και μόνο ρυτιδώσεις του νερού, με τη μορφή μικρού κυματισμού, όταν παρατηρούνται στις περιόδους εκείνες του μήνα που το παλιρροιακό εύρος είναι μικρό. Τέτοια παραδείγματα έχουμε στον Petitcodiac River, στον κόλπο του Φάουντου και στο Haining της Κίνας, στη περιοχή Tsientang Kaing. Οι παλιρροιακοί πίνακες δείχνουν σε ποιες τοποθεσίες παρατηρούνται τέτοιες καταστάσεις.

Άλλες ειδικές περιπτώσεις είναι η **διπλή ρηχία** (double low water) (όπως στο Hoek van Holland) και η **διπλή πλήμη** (double high water) (όπως στο Σαουθάμπτον της Αγγλίας). Στις τοποθεσίες αυτές υπάρχει συχνά ελαφρά πτώση ή άνοδος του νερού στο μέσο της περιόδου της πλήμης ή της ρηχίας. Αυτό έχει σαν πρακτικό αποτέλεσμα να δημιουργείται περίοδος στασιμότητας του νερού, μεγαλύτερης διάρκειας κατά την πλήμη παρά κατά τη ρηχία από ό,τι



ΜΠΣ = Μέση Πλήμη Συζυγών
ΜΠ = Μέση Πλήμη
ΜΡΣ = Μέση Ρηχία Συζυγών
ΜΡ = Μέση Ρηχία

ΜΥΠ = Μέση Υψηλότερη Πλήμη
ΜΚΡ = Μέση Κατώτερη Ρηχία
ΤΥΠ = Τροπική Υψηλότερη Πλήμη
ΤΚΡ = Τροπική Κατώτερη Ρηχία

Σχ. 2.6.

Παλιρροιακές παραλλαγές σε διάφορες θέσεις κατά τη διάρκεια του μήνα.

παρατηρείται σε άλλες γειτονικές περιοχές. Οι παλιρροιακοί πίνακες εφιστούν την προσοχή στις περιπτώσεις αυτές, καθώς και σε άλλες ιδιόρυθμες καταστάσεις, όπου συμβαίνουν.

2.8 Παραλλαγές στο εύρος.

Παρά το ότι η παλίρροια σε συγκεκριμένο τόπο μπορεί να καταταγεί σε ορισμένο τύπο, δημιουργεί εντούτοις πολλές παραλλαγές κατά τη διάρκεια του μήνα (σχ. 2.6). Το εύρος της παλίρροιας μεταβάλλεται σύμφωνα με την ένταση των δυνάμεων που τη δημιουργούν, μπορεί όμως να σημειωθεί και καθυστέρηση μιας ή δύο ημερών (**ηλικία της παλίρροιας**) (age of tide) μεταξύ μιας συγκεκριμένης αστρονομικής αιτίας και του παλιρροιακού αποτελέσματος.

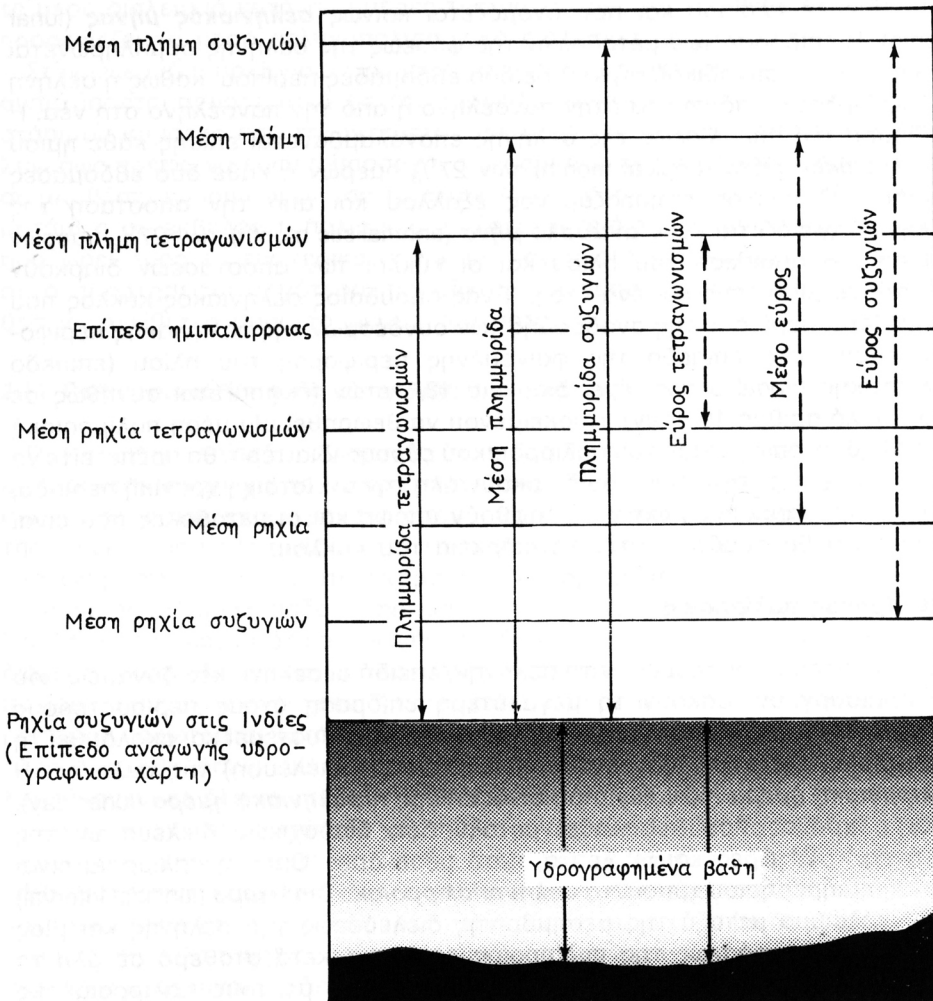
Έτσι, όταν η σελήνη βρίσκεται στο πλησιέστερο προς τη γη σημείο της τροχιάς της (**περίγειο**), το σεληνιακό ημήμερησιο εύρος αυξάνεται και τότε έχουμε τις **παλίρροιας του περιγείου** (Perigean tides.) Όταν η σελήνη βρίσκεται στο πιο μακρινό σημείο από τη γη (απόγειο), έχουμε τις μικρότερες **παλίρροιας του απογείου** (apogean tides). Όταν η σελήνη και ο ήλιος βρίσκονται στην ίδια ευθεία με τη γη, έλκοντας συγχρόνως, όπως στη νέα σελήνη και στη πανσέληνο, έχουμε τις **παλίρροιας συζυγιών** (spring tides) (ο όρος spring στην αγγλική γλώσσα, με τον οποίο ονομάζονται οι συζυγίες, δεν έχει σχέση με την «άνοιξη» που επίσης ονομάζεται spring) όταν η σελήνη και ο ήλιος αντιτίθενται, όπως στους τετραγωνισμούς, τότε έχουμε τη μικρότερη παλίρροια των **τετραγωνισμών** (neap tides).

Όταν ορισμένα από αυτά τα φαινόμενα συμπίπτουν, τότε έχουμε τις μεγαλύτερες **παλίρροιας του περιγείου** και των συζυγιών (Perigean Spring tides), τις μικρότερες **παλίρροιας του απογείου** και των τετραγωνισμών (apogean neap tides) κλπ.

Αυτές αποτελούν παραλλαγές στο ημήμερησιο τμήμα της παλίρροιας. Έχουμε όμως και παραλλαγές στο ημερήσιο τμήμα, καθώς η σελήνη και ο ήλιος μεταβάλλουν την απόκλισή τους. Όταν η σελήνη είναι στη μεγαλύτερη ημι-μηνιαία απόκλιση (είτε βόρεια, είτε νότια), έχουμε **τροπικές** (tropic tides), στις οποίες η ημερήσια επίδραση είναι στη μέγιστη τιμή της. Όταν όμως η σελήνη διέρχεται από τον ισημερινό, η ημερήσια επίδραση είναι η ελάχιστη και τότε έχουμε **ισημερινές** παλίρροιας (equatorial tides).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, όταν το εύρος της παλίρροιας αυξάνει, όπως συμβαίνει στις παλίρροιας συζυγιών, τότε υπάρχει περισσότερο νερό διαθέσιμο μόνο στην **πλήμη** στη **ρηχία** υπάρχει λιγότερο διαθέσιμο νερό, επειδή οι πλήμες πλημμυρίζουν σε υψηλότερο σημείο και οι ρηχίες κατέρχονται ακόμη χαμηλότερα στις χρονικές αυτές περιόδους, με αποτέλεσμα να είναι το βάθος της θάλασσας το μέγιστο κατά την πλήμη και το ελάχιστο κατά τη ρηχία, από όσο είναι στην ίδια θέση άλλες χρονικές στιγμές που δεν έχουμε το μεγαλύτερο εύρος παλίρροιας. Υπάρχει περισσότερο νερό στις ρηχίες τετραγωνισμών από όσο στις ρηχίες συζυγιών. Κατά τις τροπικές παλίρροιας παρατηρούμε ότι υπάρχει συνήθως περισσότερο βάθος θάλασσας στη ρηχία κατά τη διάρκεια της ημέρας από την άλλη ρηχία. Αν είναι αναγκαίο να γνωρίζουμε τις έννοιες

αυτών των ορισμών, ο καλύτερος τρόπος προσδιορισμού του ύψους της παλίρροιας σε κάποια θέση και χρονική στιγμή είναι με την εξέταση των παλιρροιακών προγνώσεων για τον τόπο της παρατηρήσεως, όπως δηλώνεται στους παλιρροιακούς πίνακες. Το σχήμα 2.8 απεικονίζει παραλλαγές στα εύρη και ύψη των παλιρροιών σε μία θέση, όπως στον Ινδικό ωκεανό, όπου τα επίπεδα της θάλασσας που προκύπτουν από παλιρροιακή πρόγνωση και αυτά που παρατηρούνται συσχετίζονται με επίπεδο υδρογραφικού χάρτη αναγωγής του βάθους της θάλασσας, με αποτέλεσμα τα εύρη αυτά και τα ύψη παλίρροιας να προστίθενται πάντοτε στα χαρτογραφημένα βάθη.



Σχ. 2.8.

Παραλλαγές στα εύρη και ύψη της παλίρροιας σε μία τοποθεσία, όπου το υδρογραφικό επίπεδο χάρτη αναγωγής των βαθών είναι η ρηχία συζυγιών των Ινδίων.

2.9 Παλιρροιακοί κύκλοι.

Οι παλιρροιακές ταλαντώσεις διαγράφουν έναν αριθμό κύκλων. Ο πιο βραχύς κύκλος συμπληρώνεται σε 12 ώρες και 25 λεπτά περίπου σε μία ημιημερήσια παλίρροια και εκτείνεται από τη στιγμή οποιασδήποτε φάσεως της παλίρροιας μέχρι την επόμενη εμφάνιση της ίδιας φάσεως. Κατά τη διάρκεια μιας **σεληνιακής ημέρας** (lunar day) (24 ώρες και 50 λεπτά περίπου, κατά μέσο όρο) υπάρχουν δύο παλιρροιακές πλήμες και δύο ρηχίες (δύο των βραχυτέρων κύκλων) για την ημιημερήσια παλίρροια. Η σελήνη περιστρέφεται γύρω από τη γη σε σχέση με τον ήλιο μέσα σε ένα **συνοδικό μήνα** (synodical month), που έχει $29\frac{1}{2}$ ημέρες περίπου και που ονομάζεται κοινώς **σεληνιακός μήνας** (lunar month). Η επίδραση των μεταβολών της φάσεως της σελήνης συμπληρώνεται στο ήμισυ του συνοδικού μήνα ή σε δύο εβδομάδες περίπου, καθώς η σελήνη αλλάζει φάσεις από τη νέα στην πανσέληνο ή από την πανσέληνο στη νέα. Η επίδραση της αποκλίσεως της σελήνης επαναλαμβάνεται επίσης κάθε ήμισυ του **τροπικού μήνα** (tropical month) των $27\frac{1}{3}$ ημερών ή κάθε δύο εβδομάδες περίπου. Ο κύκλος επηρεαζόμενος εξάλλου και από την απόσταση της σελήνης, χρειάζεται έναν **ανώμαλο μήνα** (anomalistic month) των $27\frac{1}{2}$ ημερών περίπου. Η απόκλιση του ηλίου και οι κύκλοι των αποστάσεων διαρκούν αντίστοιχα μισό έτος και ένα έτος. Ένας σπουδαίος σεληνιακός κύκλος που ονομάζεται περίοδος της αναδρομής των συνδέσμων της σεληνιακής περιφοράς επάνω στο επίπεδο της φαινομένης περιφοράς του ηλίου (επίπεδο εκλειπτικής (nodal period) έχει διάρκεια 18,6 ετών (εκφράζεται συνήθως σε στρογγυλό αριθμό 19 ετών). Προκειμένου να θεωρηθεί μία μέση παλιρροιακή τιμή αληθής, όπως η τιμή του παλιρροιακού εύρους ιδιαίτερα, θα πρέπει είτε να βασισθεί σε παρατηρήσεις που διαρκούν όλη την αντίστοιχη χρονική περίοδο, είτε να προσαρμοσθεί, ώστε να ληφθούν υπόψη και οι μεταβολές που είναι γνωστό ότι θα συμβούν κατά τη διάρκεια του κύκλου.

2.10 Χρόνος παλίρροιας.

Οι παλίρροιες «ακολουθούν τη σελήνη», επειδή οι σεληνιακές δυνάμεις που τις δημιουργούν, ασκούν τη μεγαλύτερη επίδραση στους περισσότερους τόπους. Λόγω της περιστροφής της γης η πλήμη καθυστερεί και ακολουθεί τη μεσημβρινή διέλευση (την ανώτερη ή κατώτερη διέλευση) της σελήνης. Η **παλιρροιακή ημέρα** (tidal day) που είναι επίσης η **σεληνιακή ημέρα** (lunar day), είναι ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών διελεύσεων της σελήνης, ή 24 ώρες και 50 λεπτά, κατά μέσο όρο. Όπου η παλίρροια είναι κυρίως ημιημερήσιου τύπου, το **σεληνοπαλιρροιακό διάλειμμα** (lunitidal interval) – το διάλειμμα μεταξύ της μεσημβρινής διελεύσεως της σελήνης και μιας συγκεκριμένης φάσεως της παλίρροιας – είναι αρκετά σταθερό σε όλη τη διάρκεια του μήνα και μεταβάλλεται μόνο κάπως με τους παλιρροιακούς κύκλους. Σε πολλούς εντούτοις τόπους οι ηλιακές ή ημερήσιες ταλαντώσεις ανατρέπουν αυτή τη συσχέτιση και γι' αυτό οι νεότερες εκδόσεις των ναυτικών χαρτών πολλών κρατών παραλείπουν τώρα τα διαλείμματα, λόγω της τάσεως που υπήρχε να τα χρησιμοποιούν οι ναυτικοί για παλιρροιακή πρόγνωση, παρά

το ότι οι παλιρροιακοί πίνακες είναι αυτοί που δίνουν προγνώσεις με ακρίβεια. Και όμως το σεληνοπαλιρροιακό διάλειμμα μπορεί να ληφθεί υπόψη. Το διάλειμμα που γενικά δίνεται είναι ο μέσος χρόνος που μεσολαβεί από τη μεσημβρινή διέλευση της σελήνης (ανώτερη ή κατώτερη) μέχρι την επόμενη πλήμη. Το διάλειμμα αυτό είναι δυνατό να ονομάζεται μέσο **σεληνοπαλιρροιακό διάλειμμα πλήμης** (mean high water lunitidal interval) ή **διορθωμένος ή μέσος προσδιορισμός** (corrected ή mean establishment). Ο **προσδιορισμός του λιμανιού** (establishment of the port), ο **προσδιορισμός της πλήμης πανσελήνου και νέας σελήνης** (establishment of high water full and change (HWF and C) ή **κοινός προσδιορισμός** (common establishment), όπως μερικές φορές ονομάζεται, είναι το μέσο διάλειμμα κατά τις ημέρες της πανσελήνου ή της νέας σελήνης και προσεγγίζει το μέσο σεληνοπαλιρροιακό διάλειμμα πλήμης.

Στον ωκεανό η παλίρροια έχει ίσως το φυσικό χαρακτηριστικό κύματος που αναπτύσσεται προοδευτικά, με την κορυφή του να κινείται προς τα εμπρός, ή στάσιμου κύματος που ταλαντεύεται σαν αιώρα ή συνδυασμού και των δύο. Συνεπώς πρέπει να δίνουμε προσοχή, όταν συμπεραίνουμε το χρόνο παλίρροιας σε μία θέση, χρησιμοποιώντας τα στοιχεία παλίρροιας γειτονικών θέσεων. Σε ποτάμι ή σε εκβολές η παλίρροια εισέρχεται από τη θάλασσα και συνήθως προχωρεί προς το εσωτερικό σαν κύμα που αναπτύσσεται προοδευτικά. Γι' αυτό παρατηρείται αργότερα, προοδευτικά επίσης, παλίρροια σε διάφορες θέσεις, αντίθετες προς το ρεύμα του ποταμού.

2.11 Παλιρροιακά επίπεδα αναγωγής των βαθών.

Παλιρροιακό επίπεδο αναγωγής των βαθών είναι εκείνο από το οποίο μετρούνται τα ύψη και τα βάθη. Υπάρχει ένας αριθμός επιπέδων αναγωγής και συσχέτισεως που έχουν μεγάλη σπουδαιότητα για το ναυτιλλόμενο. Η σχέση της παλίρροιας κάθε ημέρα κατά τη διάρκεια ενός μήνα με αυτά τα επίπεδα αναγωγής απεικονίζεται στο σχήμα 2.6, για ορισμένες θέσεις.

Το πιο σπουδαίο επίπεδο συσχέτισμού για το ναυτιλλόμενο είναι το επίπεδο του υδρογραφικού χάρτη αναγωγής των βαθών της θάλασσας. Επειδή κατά τη διάρκεια μιας υδρογραφικής εργασίας ευρέσεως των βαθών του βυθού η παλίρροια συνεχώς ανέρχεται ή κατέρχεται, θα πρέπει απαραίτητα να παρατηρείται και να μετράται κατά τη διάρκεια των υδρογραφικών εργασιών, έτσι ώστε όλες οι ηχοβολήσεις, με τις οποίες βρίσκονται τα βάθη της θάλασσας που λαμβάνονται σε όλα τα στάδια της παλίρροιας, να είναι δυνατό να διορθώνονται με βάση ένα κοινό επίπεδο χάρτη αναγωγής των βαθών. Τα βάθη που είναι σημειωμένα επάνω στους ναυτικούς, χάρτες δείχνουν βάθη θάλασσας κάτω από ένα επίπεδο ρηχίας που έχει επιλεγεί κατά την κατασκευή του χάρτη (σε διάφορες περιπτώσεις αυτό το επίπεδο είναι η μέση στάθμη της θάλασσας), οι δε παλιρροιακές προγνώσεις που παρέχονται στους παλιρροιακούς πίνακες, δείχνουν τα ύψη επάνω από το ίδιο επίπεδο. Το βάθος της θάλασσας, που σχηματίζεται οποιαδήποτε στιγμή, βρίσκεται αν προσθέσουμε το ύψος της παλίρροιας την αντίστοιχη αυτή στιγμή στο χαρτογραφημένο βάθος της ίδιας θέσεως ή αν αφαιρέσουμε το ύψος που έχει προβλεφθεί, αν αυτό είναι αρνητικό.

Με διεθνή συμφωνία το επίπεδο που χρησιμοποιείται σαν επίπεδο χάρτη αναγωγής των βαθών θα πρέπει να είναι τόσο λίγο χαμηλό, ώστε οι ρηχίες να μην είναι πολύ κάτω από αυτό. Στις περισσότερες όμως θέσεις το επίπεδο που χρησιμοποιείται προσδιορίζεται μετά από ένα αριθμό ρηχιών σαν μέσος όρος τους (συνήθως μετά από περίοδο παρατηρήσεων, μεγαλύτερη των 19 ετών) παρά ταύτα μερικές ρηχίες είναι δυνατό να αναμένονται ότι θα κατέλθουν κάτω από αυτό το μέσο επίπεδο. Τα επόμενα είναι μερικά από τα επίπεδα αναγωγής γενικής χρησιμοποίησης.

Το πιο υψηλό επίπεδο αναγωγής ρηχιών, με αξιοσημείωτη χρήση, είναι η **μέση ρηχία (MP)** (mean low water, MLW), που αντιστοιχεί στο μέσο όρο ύψους όλων των ρηχιών σε μία θέση. Το ήμισυ περίπου των ρηχιών κατέρχεται κάτω από αυτή. **Μέση ρηχία συζυγιών (MPΣ)** ή **ρηχία συζυγιών (PΣ)** (mean low water springs MLWS, ή low water springs), όπως ονομάζεται συντομότερα, είναι το μέσο επίπεδο των ρηχιών που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια των παλιρροιών συζυγίας. **Μέση κατώτερη ρηχία (MKP)** (mean lower low water, MLLW) είναι το μέσο ύψος των χαμηλοτέρων ρηχιών κάθε παλιρροιακής ημέρας. **Τροπική κατώτερη ρηχία (TKP)** (tropic lower low water, TcLLW) είναι το μέσο ύψος των χαμηλοτέρων ρηχιών (ή των απλών ρηχιών κάθε ημέρας, αν η παλίρροια είναι ημερήσια) που παρατηρούνται, όταν η σελήνη βρίσκεται κοντά στη μέγιστη απόκλιση της και η ημερήσια επίδραση είναι η πιο αξιόλογη. Αυτό το επίπεδο δεν είναι σε κοινή χρήση σαν παλιρροιακό επίπεδο συσχετισμού. **Ρηχία συζυγιών των Ινδιών (PΣΙ)** (Indian spring low water, ISLW) που ονομάζεται μερικές φορές και **Ινδικό παλιρροιακό επίπεδο** (Indian tide plane) ή **αρμονικό παλιρροιακό επίπεδο** (harmonic tide plane) είναι ένα επίπεδο ρηχίας που περιλαμβάνει την επίδραση της συζυγίας του ημι-ημερήσιου τμήματος της παλίρροιας και την τροπική επίδραση του ημερήσιου τμήματος. Είναι περίπου το επίπεδο της χαμηλότερης ρηχίας των μικτών παλιρροιών κατά τη στιγμή που η μέγιστη απόκλιση της σελήνης συμπίπτει με τη στιγμή της νέας σελήνης ή της πανσελήνου. **Μέση χαμηλότερη ρηχία συζυγιών** (mean lower low water springs, MLLWS) είναι το μέσο επίπεδο των χαμηλοτέρων από τις δύο ρηχίες των ημερών των παλιρροιών συζυγίας. Ορισμένα ακόμη χαμηλότερα επίπεδα, που παρέχονται στους ναυτικούς χάρτες, προσδιορίζονται από παλιρροιακές παρατηρήσεις, ενώ ορισμένα άλλα προσδιορίζονται επίσης αυθαίρετα και κατόπιν συσχετίζονται με τη παλίρροια. Τα περισσότερα από αυτά κατατάσσονται σε ένα από τα επόμενα δύο επίπεδα αναγωγής. Η **πιο χαμηλή φυσιολογική ρηχία** (lowest normal low water) είναι ένα επίπεδο αναγωγής των βαθών που προσεγγίζει το μέσο ύψος των πιο χαμηλών ρηχιών κάθε μήνα, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οποιεσδήποτε παλίρροιας που αναταράσσονται από τις θύελλες. Η **πιο χαμηλή ρηχία** (lowest low water) είναι ένα ακραίο χαμηλό επίπεδο. Αντιστοιχεί γενικά στην πιο χαμηλή παλίρροια που έχει ποτέ παρατηρηθεί, ή ακόμη και κάπως χαμηλότερα. Από τη στιγμή που το παλιρροιακό επίπεδο αναγωγής των βαθών ορισθεί, διατηρείται μερικές φορές για μία απροσδιόριστη περίοδο, ακόμη και αν αυτή διαφέρει ελαφρά από κάποιον καλύτερο προσδιορισμό που γίνεται αργότερα από άλλες παρατηρήσεις. Όταν αυτό συμβεί, το επίπεδο που έχει ορισθεί είναι δυνατό να ονομάζεται **επίπεδο αναγωγής ρηχίας** (low water datum), **επίπεδο αναγωγής χαμηλότερης ρηχίας**

(lower low water datum) κλπ. Τα επίπεδα αυτά χρησιμοποιούνται σε μία περιορισμένη περιοχή και κυρίως σε ποτάμια ή για μηχανολογικούς σκοπούς στα λιμάνια. Παραδείγματα αποτελούν: το *Επίπεδο ρηχίας του λιμανιού της Βοστώνης* (Boston Harbor Low Water Datum) και το *Επίπεδο της χαμηλότερης ρηχίας του Columbia River* (Columbia River Lower Low Water Datum).

Σε μερικές περιοχές όπου δεν υφίσταται καθόλου παλίρροια ή είναι μικρή, όπως στη Βαλτική θάλασσα, χρησιμοποιείται η *μέση στάθμη θάλασσας (ΜΣΘ)* (Mean Sea level – MSL) σαν επίπεδο χάρτου. Αυτό είναι το μέσο ύψος της επιφάνειας της θάλασσας για όλα τα στάδια της παλίρροιας και για περίοδο 19 ετών. Το επίπεδο αυτό πιθανόν να διαφέρει ελαφρά από το *επίπεδο της ημι-παλίρροιας* (half-tide level) που είναι το επίπεδο στο μέσο της αποστάσεως μεταξύ μέσης πλήμης και μέσης ρηχίας.

Ασυνέπειες ως προς την ορολογία συναντούμε σε χάρτες διαφορετικών χωρών και διαφορετικών χρόνων εκδόσεως. Σαν παράδειγμα αναφέρεται ότι η επίδραση των συζυγιών, όπως έχει εδώ προσδιορισθεί, είναι χαρακτηριστικό της ημιημερήσιας παλίρροιας. Παρόλα αυτά χρησιμοποιείται ακόμη μερικές φορές συνώνυμα με την τροπική επίδραση, για να συσχετισθεί με χρόνους, κατά τους οποίους αυξάνεται το εύρος της ημερήσιας παλίρροιας. Τέτοιες ασυνέπειες ελαττώνονται με την αυξημένη διεθνή συνεργασία.

Οι χάρτες μεγάλης κλίμακας προσδιορίζουν με ακρίβεια συνήθως το επίπεδο αναγωγής των βαθών και ίσως περιλαμβάνουν κάποια σημείωση σχετική με την παλίρροια που δίνει τα μέσα ύψη της σε μία ή περισσότερες θέσεις επάνω στο χάρτη. Τα ύψη αυτά γίνονται μόνο με την πρόθεση να χρησιμοποιηθούν ως γενικός οδηγός για αλλαγές βαθών που αναμένονται κάτω από ειδικές συνθήκες. Δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν για πρόγνωση των υψών παλίρροιας οποιασδήποτε ημέρας. Οι προγνώσεις αυτές πρέπει να ληφθούν από τους *παλιρροιακούς πίνακες* (παράγρ. 3.3 έως 3.6).

2.12 Επίπεδα αναγωγής από την πλήμη.

Τα ύψη των χαρακτηριστικών της ξηράς συσχετίζονται συνήθως στο ναυτικό χάρτη με το επίπεδο αναγωγής από την πλήμη. Το επίπεδο που χρησιμοποιείται στους χάρτες των Ηνωμένων Πολιτειών (στην επικράτεια και τις κτήσεις τους) και που είναι ευρέως διαδεδομένο και αλλού, είναι η *μέση πλήμη (ΜΠ)*, (mean high water - MHW) που αντιστοιχεί στο μέσο ύψος όλων των πλημών σε περίοδο 19 ετών. Οποιοδήποτε άλλο επίπεδο πλήμης χρησιμοποιείται σε χάρτες είναι μάλλον υψηλότερο από αυτό. Άλλα επίπεδα αναγωγής από την πλήμη είναι η *μέση πλήμη συζυγιών (ΜΠΣ)* (mean high water springs, MHWS) που είναι το μέσο επίπεδο των πλημών που παρατηρούνται κατά τους χρόνους των παλιρροιών συζυγίας· η *μέση υψηλότερη πλήμη (ΜΥΠ)* (mean higher high water, MHHW) που είναι το μέσο ύψος των υψηλότερων πλημών κάθε παλιρροιακής ημέρας· και η *τροπική υψηλότερη πλήμη (ΤΥΠ)* (tropic higher high water, T_cHHW) που είναι το μέσο ύψος των υψηλότερων πλημών (ή οι μοναδικές πλήμες κάθε ημέρα, αν η παλίρροια γίνεται ημερήσια) που παρατηρούνται, όταν η σελήνη βρίσκεται πλησίον της μέγιστης αποκλίσεως και η ημερήσια επίδραση είναι η πλέον αξιόλογη. Η συσχέτιση μόνο με «πλήμη» αφήνει κάποια αμφιβολία ως προς το

συγκεκριμένο επίπεδο που αναφερόμεθα, επειδή το ύψος της πλήμης μεταβάλλεται ημέρα με την ημέρα. Όπου το παλιρροιακό εύρος είναι μεγάλο, η μεταβολή κατά τη διάρκεια περιόδου δύο εβδομάδων ίσως είναι σημαντική. Επειδή υπάρχουν περιοδικές και προφανείς ανθρώπινες ή υποκειμενικές τάσεις στον προσδιορισμό του επιπέδου θάλασσας, έχει εκδοθεί ένα ιδιαίτερο επίπεδο με βάση κύκλο 19 ετών (Το **Εθνικό Εποχιακό Παλιρροιακό Επίπεδο**) (National Tidal Datum Epoch), για όλα τα επίπεδα αναγωγής βαθών και υψών των Ηνωμένων Πολιτειών. Το Εθνικό Εποχιακό Παλιρροιακό Επίπεδο έχει γίνει υπηρεσιακά αποδεκτό από την Εθνική Ωκεανογραφική Υπηρεσία (των ΗΠΑ) και έχει τεθεί σε ισχύ για το χρονικό διάστημα 1941-1959. Το Εποχιακό θα αναθεωρείται για επανέκδοση κατά διαλείμματα χρονικής διάρκειας 25 ετών.

2.13 Παρατηρήσεις και προγνώσεις.

Τα φυσικά χαρακτηριστικά της παλίρροιας, σε οποιαδήποτε θέση, είναι δυνατό να προσδιορισθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια μετά από πραγματικές παρατηρήσεις, επειδή με την παλίρροια σε διάφορες θέσεις ανταποκρίνονται διαφορετικά στις δυνάμεις που τα δημιουργούν. Οι προγνώσεις που παρέχονται στους παλιρροιακούς πίνακες και τα στοιχεία παλιρροιών που σημειώνονται επάνω στους ναυτικούς χάρτες, βασίζονται και σε παρατηρήσεις.

Οι παλίρροιας παρατηρούνται συνήθως με παλιρροιογράφο συνεχούς καταγραφής. Ένα έτος συνεχών παρατηρήσεων αποτελεί το ελάχιστο επιθυμητό χρονικό διάστημα για τον προσδιορισμό των **αρμονικών σταθερών** (harmonic constants) που χρησιμοποιούνται στις προγνώσεις. Για τον ορισμό της μέσης στάθμης θάλασσας και των μακράς διάρκειας αλλαγών στις σχετικές υψομετρικές διαφορές της ξηράς και της θάλασσας, καθώς επίσης και για τον ορισμό άλλων ειδικότερων αναγκών, οι παρατηρήσεις που έχουν γίνει διαρκούν περιόδους 20, 30, ακόμη και 120 ετών σε ορισμένες σπουδαίες τοποθεσίες. Παρατηρήσεις διάρκειας ενός μήνα ή μικρότερης περιόδου είναι δυνατό να προσδιορίσουν το τύπο της παλίρροιας και επαρκούν για τη σύγκρισή τους, με μια σειρά παρατηρήσεων μεγαλύτερης διάρκειας του ίδιου τύπου, ώστε να προσδιορισθούν οι παλιρροιακές διαφορές και σταθερές.

Μαθηματικά, οι παραλλαγές στις σεληνιακές και ηλιακές δυνάμεις που δημιουργούν την παλίρροια, όπως εκείνες που οφείλονται στην αλλαγή των φάσεων, την απόσταση και την απόκλιση, θεωρούνται σαν ξεχωριστές συνιστώσες δυνάμεις και γι' αυτό η **αρμονική ανάλυση** (harmonic analysis) των παρατηρήσεων αποκαλύπτει την ανταπόκριση κάθε συνιστώσας της παλίρροιας στις αντίστοιχες δυνάμεις της. Σε οποιαδήποτε θέση η ανταπόκριση αυτή παραμένει σταθερή και δεικνύεται για κάθε συνιστώσα με τις **αρμονικές σταθερές** που έχουν τον τύπο της γωνίας φάσεως για την ανεύρεση του χρόνου και τον τύπο του εύρους και για τη ανεύρεση του ύψους. Οι αρμονικές σταθερές χρησιμοποιούνται στις τεχνικές μελέτες των παλιρροιών και των προγνώσεων με ηλεκτρονικούς υπολογιστές, καθώς και στις μηχανικές μελέτες με **προγνωστικές παλιρροιακές συσκευές** (tide predicting machines). Οι περισσότερες όμως παλιρροιακές προγνώσεις που δημοσιεύονται γίνονται με ηλεκτρονικούς υπολογιστές.

2.14 Παλιρροιακοί πίνακες (tide tables).

Δημοσιεύονται κάθε χρόνο από τα κυριότερα ναυτικά έθνη του κόσμου. Αποτελούνται κυρίως από δύο μέρη. Το ένα περιλαμβάνει προγνώσεις του χρόνου και του ύψους κάθε πλήμης και ρηχίας, για κάθε ημέρα του έτους και για τους περισσότερους από τους σπουδαίους λιμένες της γης, που ονομάζονται **σταθμοί συσχετίσεως** (reference stations). Το άλλο περιλαμβάνει παλιρροιακές διαφορές και αναλογίες για χιλιάδες άλλες τοποθεσίες, που ονομάζονται **υποτεταγμένοι ή δευτερεύοντες σταθμοί** (subordinate stations). Προσδιορίζει το σταθμό συσχετίσεως, επάνω στον οποίο θα πρέπει να εφαρμοσθούν οι διαφορές, ώστε να αποκτηθούν ο χρόνος και το ύψος της παλίρροιας, για οποιαδήποτε ημέρα, στο δευτερεύοντα σταθμό. Ο τύπος της παλίρροιας σε κάποιο δευτερεύοντα σταθμό είναι ο ίδιος με τον τύπο του σταθμού συσχετίσεώς του. Η χρησιμοποίηση των παλιρροιακών πινάκων εξηγείται στις παραγράφους 3.3 έως 3.6.

2.15 Μετεωρολογικές επιδράσεις.

Η συζήτηση γύρω από τις παλίρροιας που προηγήθηκε, προϋποθέτει φυσιολογικές, συνηθισμένες, συνθήκες καιρού. Το επίπεδο της θάλασσας επηρεάζεται από τον άνεμο και την ατμοσφαιρική πίεση. Γενικά οι άνεμοι που πνέουν από τη θάλασσα προς την ξηρά ανυψώνουν το επίπεδό της, ενώ οι άνεμοι που πνέουν προς τη θάλασσα το κατεβάζουν. Το ποσό αυτό της αλλαγής μεταβάλλεται σε διάφορες θέσεις. Κατά τη διάρκεια περιόδων με χαμηλές ατμοσφαιρικές πιέσεις το επίπεδο της θάλασσας τείνει να γίνει υψηλότερο από το συνηθισμένο. Για ένα στάσιμο βαρομετρικό χαμηλό η αύξηση του ύψους του επιπέδου της θάλασσας μπορεί να βρεθεί με τον τύπο:

$$R_0 = 0,0325 (1010 - P)$$

όπου R_0 είναι η αύξηση του ύψους σε πόδια και P η ατμοσφαιρική πίεση σε μιλλιμπάρ. Η αύξηση αυτή του ύψους του επιπέδου της θάλασσας είναι ίση κατά προσέγγιση με 1 εκατοστό του μέτρου ανα μιλλιμπάρ υφέσεως ή με 1 πόδι (13,6 ίντσες) ανά ίντσα υφέσεως. Για ένα χαμηλό που κινείται, η αύξηση δίνεται από τον τύπο:

$$R = \frac{R_0}{1 - \frac{c^2}{gh}}$$

όπου R είναι η αύξηση του ύψους του επιπέδου της θάλασσας σε πόδια, R_0 η αύξηση σε πόδια για ένα στάσιμο χαμηλό, c η τιμή μετακινήσεως του χαμηλού σε πόδια ανά δευτερόλεπτο, g η επιτάχυνση της βαρύτητας (32,2 πόδια ανά δευτερόλεπτο) και h το βάθος της θάλασσας σε πόδια.

Όπου το εύρος της παλίρροιας είναι πολύ μικρό, η μετεωρολογική επίδραση ίσως είναι μερικές φορές μεγαλύτερη από την επίδραση που ασκείται στις συνηθισμένες παλίρροιας.

Παλιρροιακά ρεύματα

2.16 Παλιρροιακά και μη παλιρροιακά ρεύματα.

Ρεύμα (current) είναι η οριζόντια κίνηση του νερού. Η κίνηση αυτή μπορεί να καταταγεί σε «παλιρροιακή» και «μη παλιρροιακή». **Παλιρροιακό ρεύμα** (tidal current) είναι η περιοδική οριζόντια ροή του νερού που συνοδεύει την πλημμυρίδα και αμπώτιδα της παλίρροιας και είναι αποτέλεσμα της ίδιας αιτίας με τη παλίρροια. **Μη παλιρροιακό ρεύμα** (nontidal current) είναι οποιοδήποτε ρεύμα που δεν οφείλεται στην παλιρροιακή κίνηση. Τα μη παλιρροιακά ρεύματα περιλαμβάνουν τα μόνιμα ρεύματα στα γενικά κυκλοφοριακά συστήματα των ωκεανών, καθώς επίσης και τα ευκαιριακά ρεύματα που προκαλούνται από μετεωρολογικές συνθήκες. Τα ρεύματα που παρατηρούνται σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή είναι συνήθως συνδυασμός των παλιρροιακών και μη παλιρροιακών ρευμάτων.

Στη ναυσιπλοΐα η επίδραση του παλιρροιακού ρεύματος έχει συνήθως μεγαλύτερη σπουδαιότητα από την αλλαγή του βάθους της θάλασσας που οφείλεται στην παλίρροια, και έτσι πολλοί ναυτικοί κάνουν λόγο για «την παλίρροια», ενώ έχουν κατά νου τη ροή του παλιρροιακού ρεύματος.

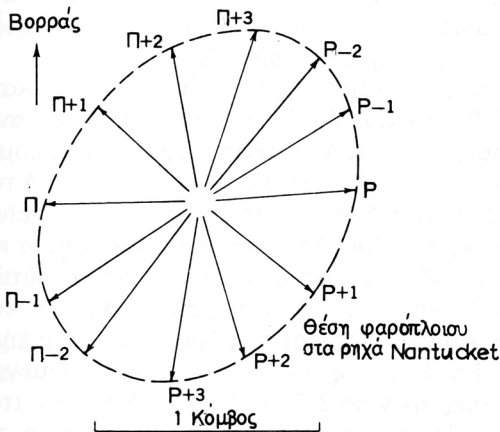
2.17 Γενικά χαρακτηριστικά.

Κοντά στις ακτές, όπου όμως η ροή δεν περιορίζεται από οποιαδήποτε εμπόδια, το παλιρροιακό ρεύμα είναι **περιστρεφόμενο** (rotary)· δηλαδή η ροή του είναι συνεχής, αλλά η κατεύθυνσή του μεταβάλλεται προς όλα τα σημεία της πυξίδας, κατά τη διάρκεια της παλιρροιακής περιόδου. Η τάση για περιστροφή της κατευθύνσεως έχει την προέλευσή της στις φυγόκεντρες δυνάμεις, λόγω της περιστροφής της γης, η αλλαγή δε είναι σύμφωνη με την κίνηση των δεικτών του ωρολογίου στο βόρειο ημισφαίριο και αντίθετα της κινήσεως των δεικτών στο νότιο, εκτός αν έχει τροποποιηθεί από την επίδραση τοπικών συνθηκών. Η ταχύτητα του ρεύματος συνήθως μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του παλιρροιακού κύκλου, περνώντας από δύο μέγιστες τιμές, σε αντίθετες περίπου κατευθύνσεις και από δύο ελάχιστες τιμές, στο μέσο περίπου του χρόνου μεταξύ των χρόνων των μέγιστων τιμών. Τα περιστρεφόμενα ρεύματα είναι δυνατό να απεικονίζονται, όπως στο σχήμα 2.17α, με μία σειρά βελών που αντιπροσωπεύουν την κατεύθυνση και την ταχύτητα του ρεύματος κάθε ώρα. Αυτή η απεικόνιση ονομάζεται μερικές φορές και **τριαντάφυλλο ρεύματος** (current rose). Λόγω της ελλειπτικής μορφής που σχηματίζεται από τις άκρες των βελών, το περιστρεφόμενο ρεύμα ονομάζεται επίσης και **έλλειψη ρεύματος** ή **ελλειπτικό ρεύμα** (current ellipse).

Στα ποτάμια ή στα στενά, ή όπου η ροή κατευθύνεται λίγο ή πολύ προς ορισμένους διαύλους, το παλιρροιακό ρεύμα είναι **αντιστρεφόμενο** (reversing), ρέει δηλαδή με εναλλαγές προς αντίθετες περίπου κατευθύνσεις. Σε κάθε αναστροφή παρατηρείται και μία στιγμιαία ή μικρής διάρκειας στασιμότητα της κινήσεως του ρεύματος, κατά την οποία δεν υπάρχει καθόλου ρεύμα ή υπάρχει ελάχιστο που ονομάζεται **στάσιμο νερό** (slack water). Κατά τη διάρκεια της ροής

σε κάθε κατεύθυνση η ταχύτητα μεταβάλλεται από μηδενική τιμή, τη στιγμή του στάσιμου νερού, σε μέγιστη που ονομάζεται **δύναμη της πλημμυρίδας** (strength of flood) ή **της αμπτώιδας** (strength of ebb) και παρατηρείται περίπου στο μέσο μεταξύ δύο διαδοχικών στασιμών νερών. Τα αντιστρεφόμενα ρεύματα μπορούν να απεικονίζονται γραφικά, όπως στο σχήμα 2.176, με βέλη που αντιπροσωπεύουν την ταχύτητα του ρεύματος κάθε ώρα. Η πλημμυρίδα ρεύματος απεικονίζεται συνήθως επάνω από τη γραμμή του νερού της στασιμότητας και η αμπτώιδα ρεύματος από κάτω. Η καμπύλη του παλιρροιακού ρεύματος που σχηματίζεται από τα άκρα των βελών, έχει την ίδια χαρακτηριστική ημιτονοειδή μορφή που έχει και η παλιρροιακή καμπύλη. (Κατά τις απεικονίσεις ορισμένων ειδικών σκοπών, όπως στα σχήματα 2.186 και 2.206, η παράλειψη των βελών και η παρουσία μόνο των καμπυλών εξασφαλίζει σχετική ευκολία).

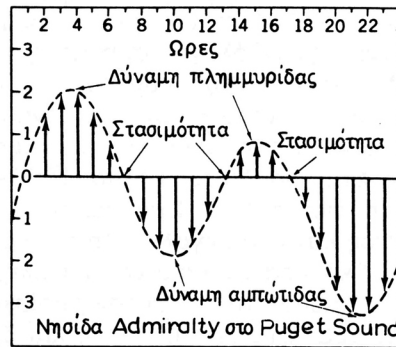
Μικρή παρέκκλιση από τον ημιτονοειδή τύπο έχουμε στο αντιστρεφόμενο ρεύμα ενός στενού, όπως στο Ήστ Ρίβερ της Νέας Υόρκης, που ενώνει δύο παλιρροιακές υδάτινες λεκάνες. Οι παλίρροιες στα δύο άκρα του στενού είναι σπάνια στην ίδια φάση ή ίσες κατά το εύρος και γι' αυτό το ρεύμα, που ονομάζεται **υδραυλικό ρεύμα** (hydraulic current), δημιουργείται κυρίως από τη συνεχή αλλαγή της διαφοράς του ύψους του νερού στα δύο άκρα. Η ταχύτητα ενός υδραυλικού ρεύματος μεταβάλλεται σχεδόν με την τετραγωνική ρίζα της διαφοράς του ύψους. Η ταχύτητα φθάνει στη μέγιστη τιμή πολύ γρηγορότερα



Σχ. 2.17α.

Περιστρεφόμενο παλιρροιακό ρεύμα.

Οι χρόνοι εκφράζονται σε ώρες, πριν και μετά την πλήμη (Π) και τη ρηγία (P), στη θέση που βρίσκεται το φαρόπλοιο στα ρηγά Nantucket. Η διόπτευση (κατεύθυνση) και το μήκος κάθε βέλους αντιπροσωπεύει την ωριαία κατεύθυνση και ταχύτητα του ρεύματος. Βλέπε σχήμα 2.20α.



Σχ. 2.176.

Αντιστρεφόμενο παλιρροιακό ρεύμα.

(παρόμοιες γραφικές απεικονίσεις μπορούν να δείχνουν μόνο το σχήμα της καμπύλης, χωρίς τα βέλη, όπως στα σχήματα 3.186 και 3.206). Βλέπε σχήμα 3.206.

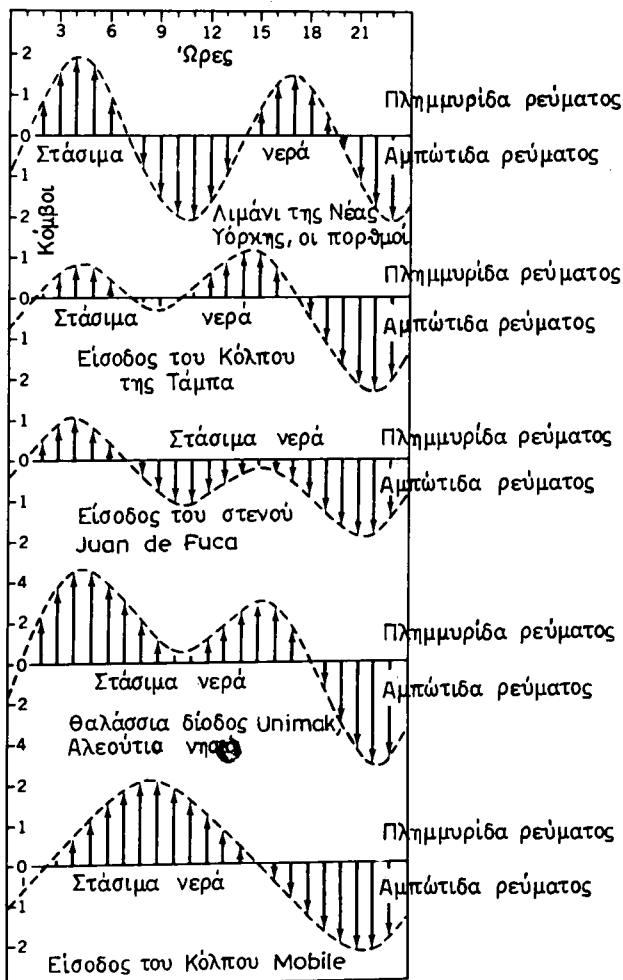
και παραμένει σε ένταση για περισσότερη περίοδο από ό,τι δείχνει το σχήμα 2.17β, η δε περίοδος του εξασθενημένου ρεύματος κοντά στη χρονική στιγμή που τα νερά είναι στάσιμα, είναι κατά πολύ μικρότερη.

Κατεύθυνση (direction ή set) του ρεύματος είναι η φορά προς την οποία το ρεύμα ρέει. Η **ταχύτητα** (speed) ονομάζεται μερικές φορές στην Αγγλική και drift. Η αγγλική λέξη «velocity» χρησιμοποιείται συχνά σαν ισοδύναμη της λέξεως «speed» που σημαίνει ταχύτητα, όταν συσχετίζεται με το ρεύμα, παρά το ότι η στενή έννοια της velocity αποδίδει διανυσματικά, τόσο την κατεύθυνση, όσο και την ταχύτητα. Ο όρος «strength - δύναμη» χρησιμοποιείται επίσης για να υποδηλώσει την ταχύτητα, πλην όμως χρησιμοποιείται περισσότερο συχνά, για να δείξει την περισσότερο μεγάλη ταχύτητα μεταξύ διαδοχικών στάσιμων νερών. Η κίνηση από τη θάλασσα προς την ακτή ή και «επάνω ρεύμα», όπως ονομάζεται, είναι η **πλημμυρίδα του ρεύματος** (flood), ενώ η κίνηση από την ακτή μακριά προς τη θάλασσα ή «κάτω ρεύμα», είναι η **αμπώτιδα του ρεύματος** (ebb). Σε ένα απλό τύπο ημιημερήσιου ρεύματος που δεν επηρεάζεται από μη παλιρροιακή ροή, κάθε πλημμυρίδα και αμπώτιδα ρεύματος διαρκεί περίπου 6 ώρες και 13 λεπτά. Αν όμως υπάρχει είτε ημερήσια ανισότητα είτε μη παλιρροιακή ροή, οι διάρκειες της πλημμυρίδας και της αμπώτιδας του ρεύματος μπορεί να είναι εντελώς άνισες.

2.18 Τύποι παλιρροιακών ρευμάτων.

Τα παλιρροιακά ρεύματα είναι δυνατό να ανήκουν στον ημιημερήσιο (semidiurnal), ημερήσιο (diurnal) ή μικτό (mixed) τύπο· ανταποκρίνονται κατά μεγάλο βαθμό στον τύπο της παλίρροιας στη συγκεκριμένη θέση, αλλά έχουν συχνά την αξιόλογη τάση προς τον ημιημερήσιο τύπο.

Τα παλιρροιακά ρεύματα στις παλιρροιακές εκβολές των ποταμών κατά μήκος των ακτών των Ηνωμένων Πολιτειών, προς τον Ατλαντικό ωκεανό, αποτελούν παραδείγματα του ημιημερήσιου τύπου αντιστρεφόμενου ρεύματος. Στην είσοδο του κόλπου Mobile τα ρεύματα είναι σχεδόν αποκλειστικά του ημερήσιου τύπου. Στις περισσότερες τοποθεσίες εντούτοις ο τύπος είναι μικτός κατά το μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό. Στις εισόδους της Τάμπα και του Γκάλθεστον υπάρχει μία πλημμυρίδα ρεύματος μόνο και μία αμπώτιδα κάθε ημέρα, όταν η σελήνη βρίσκεται κοντά στη μέγιστη απόκλιση της, ενώ υπάρχουν δύο πλημμυρίδες και δύο αμπώτιδες κάθε ημέρα, όταν η σελήνη βρίσκεται κοντά στον ισημερινό. Κατά μήκος των ακτών των Ηνωμένων Πολιτειών στον Ειρηνικό ωκεανό υπάρχουν γενικά δύο πλημμυρίδες ρεύματος και δύο αμπώτιδες κάθε ημέρα, αλλά η μία από τις πλημμυρίδες ή τις αμπώτιδες αυτές έχει μεγαλύτερη ταχύτητα και διάρκεια από την άλλη. Η ανισότητα αυτή μεταβάλλεται ανάλογα με την απόκλιση της σελήνης. Οι ανισότητες στα ρεύματα παλίρροιας συχνά διαφέρουν σημαντικά από θέση σε θέση, ακόμη και μέσα στα όρια περιορισμένων περιοχών, όπως στις γειτονικές θαλάσσιες διόδους στο Puget Sound και σε διάφορες διόδους μεταξύ των Αλευούτων νησιών. Το σχήμα 2.18α απεικονίζει διάφορους τύπους αντιστρεφόμενου ρεύματος. Το σχήμα 2.18β απεικονίζει τον τρόπο κατά τον οποίο η πλημμυρίδα ρεύματος εξαφανίζεται, καθώς η ημερήσια ανισότητα αυξάνει σε κάποια θέση.



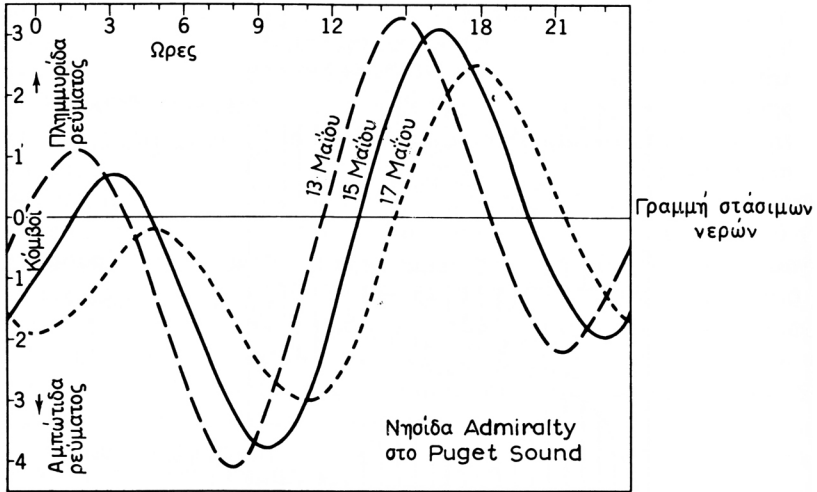
Σχ. 2.18α.

Διάφοροι τύποι αντιστροφόμενου ρεύματος.

Το σχέδιο μεταβάλλεται προοδευτικά ημέρα με την ημέρα, ιδίως για τους μικτούς τύπους, περνώντας από κύκλους που είναι κάπως παρόμοιοι με εκείνους που απεικονίζουν τις παλίρροιες στο σχήμα 2.6.

Μακριά από τις ακτές τα περιστροφόμενα ρεύματα, τα οποία είναι καθαρά του ημιημερήσιου τύπου, επαναλαμβάνουν την ελλειπτική μορφή (σχ. 2.17α) κάθε παλίρροιακό κύκλο των 12 ωρών και 25 λεπτών. Αν υπάρχει σημαντική ημερήσια ανισότητα, τα βέλη του ρεύματος, τα οποία αποτυπώνονται κάθε ώρα, περιγράφουν μία δέσμη δύο ελλείψεων διαφορετικών μεγεθών, κατά τη διάρκεια μιας περιόδου 24 ωρών και 50 λεπτών, όπως απεικονίζονται στο σχήμα

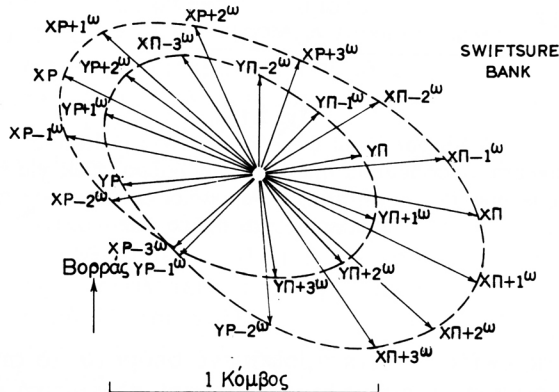
2.18γ. Όσο μεγαλύτερη είναι η ημερήσια ανισότητα, τόσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά μεταξύ των μεγεθών των δύο ελλείψεων. Σε ένα συμπληρωμένο ημερήσιο περιστρεφόμενο ρεύμα η μικρότερη έλλειψη εξαφανίζεται και μόνο μία έλλειψη παράγεται σε 24 ώρες και 50 λεπτά.



Σχ. 2.18β.

Μεταβολές του ρεύματος μικτού τύπου.

Σημειώστε ότι κάθε ημέρα, καθώς η ανισότητα αυξάνει, τα πρωινά στάσιμα νερά απεικονίζονται μαζί χρονικά, μέχρις ότου η πρωινή πλημμυρίδα ρεύματος εξαφανισθεί κατά την 17η του μήνα. Εκείνη την ημέρα το ρεύμα είναι συνεχώς σε αμπιώτιδα.



Σχ. 2.18γ.

Περιστρεφόμενο παλιρροιακό ρεύμα, με ημερήσια ανισότητα.

Οι χρόνοι εκφράζονται σε ώρες, σχετικές με τις παλίρροιες (υψηλότερη πλήμη, χαμηλότερη ρηχία, χαμηλότερη πλήμη και υψηλότερη ρηχία) στο Swifsure Bank.

2.19 Παραλλαγές και κύκλοι.

Τα παλιρροιακά ρεύματα έχουν περιόδους και κύκλους παρόμοιους με εκείνους των παλίρροιών (παράγρ. 2.9) και υπόκεινται σε παρόμοιες με τις παλίρροιες παραλλαγές. Η πλημμυρίδα όμως και η αμπώτιδα του ρεύματος δεν πραγματοποιείται απαραίτητα κατά τις ίδιες χρονικές στιγμές με την πλημμυρίδα και αμπώτιδα της παλίρροιας. Η συσχέτιση αυτή επεξηγείται καλύτερα στην παράγραφο 2.21.

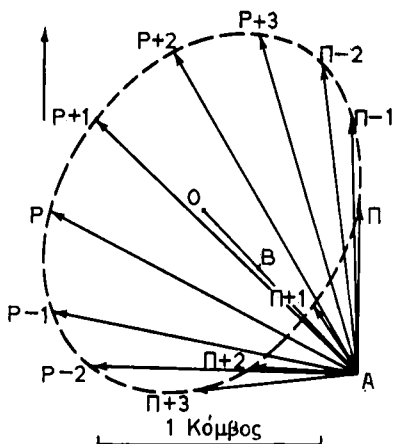
Η ταχύτητα κατά την ώρα της ορμής του ρεύματος αυξάνει ή ελαττώνεται κατά τη διάρκεια περιόδου δύο εβδομάδων, ενός μήνα και ενός έτους, ανάλογα με τις παραλλαγές στο εύρος της παλίρροιας. Έτσι τα ισχυρότερα παλιρροιακά ρεύματα **συζυγιών** (spring) και **περιγείου** (perigean current) παρατηρούνται κοντά στις χρονικές στιγμές της νέας σελήνης και της πανσελήνου καθώς και του περιγείου της σελήνης ή σε χρόνους των παλιρροιών συζυγίας και περιγείου (παράγρ. 2.8). Τα ασθενέστερα ρεύματα **τετραγωνισμού** (hearp) και **απογείου** (arogean currents) παρατηρούνται σε χρονικές στιγμές παλιρροιών τετραγωνισμού και απογείου, ενώ **τροπικά ρεύματα** (tropic currents) με αυξημένες ημερήσιες ταχύτητες ή με μεγάλες ημερήσιες ανισότητες στην ταχύτητα παρατηρούνται σε χρόνους τροπικών παλιρροιών και **ισημερινά ρεύματα** (equatorial currents) με μία ελάχιστη ημερήσια επίδραση παρατηρούνται σε χρόνους ισημερινών παλιρροιών κλπ.

Όπως συμβαίνει και με τις παλίρροιες, η **μέση τιμή** αντιπροσωπεύει μέσο όρο που αποκτάται με σειρά παρατηρήσεων 19 ετών. Επειδή όμως μία σειρά παρατηρήσεων του ρεύματος περιορίζεται συνήθως σε λίγες ημέρες και σπανίως καλύπτει περισσότερο από ένα ή δύο μήνες, είναι απαραίτητο να προσαρμόζονται οι τιμές που παρατηρούνται, σε σύγκριση συνήθως με τις παλίρροιες γειτονικής θέσεως, ώστε να αποκτάται η μέση αυτή τιμή.

2.20 Επίδραση της μη παλιρροιακής ροής.

Το ρεύμα που υπάρχει σε οποιαδήποτε στιγμή είναι καθαρά παλιρροιακό, αλλά συνήθως περιλαμβάνει και ένα μη παλιρροιακό ρεύμα που οφείλεται σε διάφορες εκβολές υδάτων από την ξηρά προς τη θάλασσα, στην κυκλοφορία του νερού των ωκεανών, στον άνεμο και σε άλλες αιτίες. Η μέθοδος, με την οποία τα παλιρροιακά και μη παλιρροιακά ρεύματα συνδυάζονται, επεξητείται κατά τον καλύτερο τρόπο γραφικά, όπως στα σχήματα 2.20α και 2.20β. Το σχέδιο του παλιρροιακού ρεύματος παραμένει αμετάβλητο, αλλά η καμπύλη μετατίθεται από το σημείο ή από τη γραμμή, από την οποία μετρούνται τα ρεύματα, κατά την κατεύθυνση του μη παλιρροιακού ρεύματος και σε ποσότητα ίση με αυτό. Είναι μερικές φορές ευχερέστερο γραφικά να μετακινηθεί απλώς η γραμμή ή το σημείο προελεύσεως στην αντίθετη κατεύθυνση.

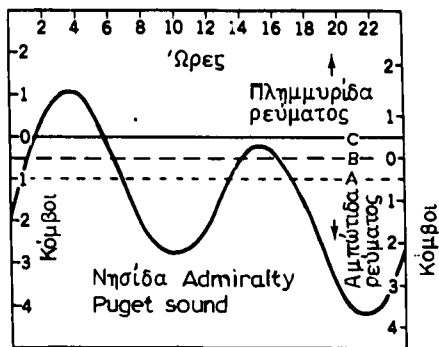
Έτσι η ταχύτητα του ρεύματος, που ρέει κατά την κατεύθυνση του μη παλιρροιακού ρεύματος, αυξάνεται σε ποσό ίσο με το μέγεθος του τελευταίου, ενώ η ταχύτητα του ρεύματος, που ρέει κατά την αντίθετη κατεύθυνση, ελαττώνεται σε ίσο ποσό. Στο σχήμα 2.20α ένα μη παλιρροιακό ρεύμα αντιπροσωπεύεται τόσο ως προς την κατεύθυνση, όσο και ως προς την



Σχ. 2.20α.

Επίδραση του μη παλιρροιακού ρεύματος στο περιστρεφόμενο παλιρροιακό ρεύμα του σχήματος 2.17α.

Αν το μη παλιρροιακό ρεύμα είναι βορειοδυτικό με ταχύτητα 0,3 του κόμβου, είναι δυνατό να αντιπροσωπεύεται με το ΒΟ, οπότε όλες οι ωριαίες κατευθύνσεις και ταχύτητες θα μετριούνται τότε από το Β. Αν η ταχύτητα είναι 1 κόμβος, θα αντιπροσωπεύεται από το ΑΟ και οι πραγματικές ωριαίες κατευθύνσεις και ταχύτητες που προκαλούνται, θα μετριούνται από το Α, όπως δείχνεται με τα βέλη.



Σχ. 2.20β.

Επίδραση του μη παλιρροιακού ρεύματος στο αντιστρεφόμενο παλιρροιακό ρεύμα του σχήματος 2.17β.

Αν η ταχύτητα του μη παλιρροιακού ρεύματος είναι 0,5 του κόμβου, κατά την κατεύθυνση της αμψώτιδας του ρεύματος, η αμψώτιδα αυτή αυξάνει μετακινώντας τη γραμμή του στάσιμου νερού από τη θέση Α στη θέση Β κατά 0,5 κόμβους. Οι ταχύτητες θα μετριούνται τότε, από αυτή τη διακοπτόμενη γραμμή, όπως δείχνεται με κλίμακα στα δεξιά, οι δε χρόνοι του στάσιμου νερού μεταβάλλονται. Αν η ταχύτητα του μη παλιρροιακού ρεύματος είναι 1 κόμβος, κατά την κατεύθυνση της αμψώτιδας ρεύματος, όπως δείχνεται με τη γραμμή C, οι ταχύτητες είναι όπως απεικονίζονται αριστερά, το δε ρεύμα δεν θα αντιστραφεί προς πλημμυρίδα το απόγευμα' θα γίνει μόνο στάσιμο, γύρω στις 15.00.

ταχύτητα, με το διάνυσμα ΑΟ. Επειδή αυτό είναι μεγαλύτερο από την ταχύτητα του παλιρροιακού ρεύματος στην αντίθετη κατεύθυνση, το σημείο Α είναι έξω από την έλλειψη. Η κατεύθυνση και η ταχύτητα των συνδυασμένων παλιρροιακών και μη παλιρροιακών ρευμάτων, οποιαδήποτε στιγμή, αντιπροσωπεύεται με ένα διάνυσμα από το σημείο Α προς εκείνο το σημείο επάνω στην καμπύλη που αντιπροσωπεύει τη δεδομένη χρονική στιγμή, και μπορεί να προσδιορισθεί με αναλογική κλίμακα από τη γραφική παράσταση. Τα πιο ισχυρά και πιο ασθενή ρεύματα ίσως να μη βρίσκονται για περισσότερο χρόνο στις κατευθύνσεις της μέγιστης και ελάχιστης τιμής του παλιρροιακού ρεύματος. Στο αντιστρεφόμενο ρεύμα (σχ. 2.20β) η επίδραση ασκείται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να επιταχύνει το χρόνο μιας στασιμότητας του νερού και να επιβραδύνει τη στασιμότητα της επόμενης. Αν η ταχύτητα του μη παλιρροιακού ρεύματος υπερβαίνει την ταχύτητα του αντιστρεφόμενου, το ρεύμα που προκαλείται ρέει συνεχώς προς μία κατεύθυνση, χωρίς να δημιουργείται στασιμότητα του

νερού. Σ' αυτή την περίπτωση η ταχύτητα μεταβάλλεται από μία μέγιστη σε μία ελάχιστη τιμή και πάλι σε μία μέγιστη, σε κάθε παλιρροιακό κύκλο. Στο σχήμα 2.20β η οριζόντια γραμμή Α αντιπροσωπεύει στάσιμα νερά, μόνο αν υπάρχουν παλιρροιακά ρεύματα. Η γραμμή Β αντιπροσωπεύει την επίδραση μιας αμπώτιδας ρεύματος μη παλιρροιακού, ταχύτητας 0,5 κόμβου, ενώ η γραμμή C την επίδραση αμπώτιδας ρεύματος και πάλι μη παλιρροιακού, ταχύτητας όμως 1 κόμβου. Με την κατάσταση που απεικονίζεται στο C υπάρχει μία μόνο πλημμυρίδα ρεύματος κάθε παλιρροιακή ημέρα. Αν η μη παλιρροιακή αμπώτιδα ρεύματος επρόκειτο να αυξηθεί σε 2 κόμβους περίπου, δεν θα υπήρχε πλημμυρίδα ρεύματος, ούτε δύο μέγιστες αμπώτιδες ρεύματος και δύο ελάχιστες κατά τη διάρκεια μιας παλιρροιακής ημέρας.

2.21 Σχέση μεταξύ χρόνου παλιρροιακού ρεύματος και χρόνου παλίρροιας.

Σε πολλές τοποθεσίες, όπου το παλιρροιακό ρεύμα και η παλίρροια είναι ημιμερήσιου τύπου, υπάρχει συγκεκριμένη σχέση μεταξύ των χρόνων του παλιρροιακού ρεύματος και του χρόνου της πλήμης και της ρηχίας στην τοποθεσία αυτή. Άτλαντες παλιρροιακών ρευμάτων και σημειώσεις επάνω στους ναυτικούς χάρτες κάνουν συχνή χρήση αυτής της σχέσεως, δείχνοντας σε συγκεκριμένες τοποθεσίες την κατεύθυνση και την ταχύτητα του ρεύματος, κάθε διαδοχική ώρα, μετά από την πλήμη και τη ρηχία, σε θέσεις, για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα προγνωστικά στοιχεία παλιρροιών.

Σε τοποθεσίες όπου υπάρχει αξιόλογη ημερήσια ανισότητα στην παλίρροια ή στο παλιρροιακό ρεύμα, ή όπου ο τύπος του παλιρροιακού ρεύματος διαφέρει από τον τύπο της παλίρροιας, η σχέση δεν είναι σταθερή και ίσως είναι επικίνδυνο να προσπαθεί κανείς να προβλέψει τους χρόνους του παλιρροιακού ρεύματος από τους χρόνους των παλιρροιών. Σημειώστε την παλιρροιακή καμπύλη για τη θαλάσσια δίοδο Unimak Pass στα Αλεούτια νησιά του σχήματος 2.18α. Απεικονίζει το παλιρροιακό ρεύμα, όπως το προβλέπουν οι πίνακες των παλιρροιακών ρευμάτων. Οι προγνώσεις των πλημών και ρηχιών από τους πίνακες παλιρροιών ίσως οδηγήσουν κάποιον στο να αναμένει, ότι το παλιρροιακό ρεύμα μεταβάλλεται από πλημμυρίδα σε αμπώτιδα ρεύματος αργά το πρωί, ενώ στην πραγματικότητα το ρεύμα συνεχίζει να ρέει σε πλημμυρίδα με κάποια ορμή τη ώρα εκείνη.

Θα πρέπει κανείς να είναι πολύ προσεκτικός στη χρήση των γενικών κανόνων, επειδή η σχέση μεταξύ των χρόνων του παλιρροιακού ρεύματος και της παλίρροιας δεν είναι παντού η ίδια, αλλά ίσως μάλιστα να μεταβάλλεται, ακόμη και στην ίδια θέση. Η γνώμη ότι η στασιμότητα των νερών πραγματοποιείται στις τοπικές πλήμες και ρηχίες και ότι η μέγιστη πλημμυρίδα και αμπώτιδα ρεύματος πραγματοποιείται επίσης, όταν η παλίρροια ανέρχεται ή κατέρχεται (πλημμυρίδα παλίρροιας ή αμπώτιδα παλίρροιας) πολύ απότομα, είναι ίσως κατά προσέγγιση ορθή στην είσοδο προς τη θάλασσα μιας χερσαίας παλιρροιακής υδάτινης οδού, ή επίσης στις ανώτερες περιοχές αυτής της οδού. Γενικά όμως η γνώμη που προαναφέραμε δεν ισχύει ως προς τα άλλα μέρη της χερσαίας υδάτινης οδού. Όταν η οδός αυτή είναι εκτεταμένη ή η είσοδος από τη θάλασσα είναι περιορισμένη, η στασιμότητα των νερών σε ορισμένα μέρη

πραγματοποιείται συχνά στο μέσο του χρόνου, μεταξύ των στιγμών της πλήμης και της ρηχίας. Σε αυτές τις υδάτινες οδούς η σχέση συνήθως μεταβάλλεται, από θέση σε θέση, καθώς προχωρούμε προοδευτικά προς το εσωτερικό της ξηράς αντίθετα προς τη ροή, η δε στασιμότητα του νερού πραγματοποιείται προοδευτικά επίσης πλησιέστερα χρονικά προς τη μέγιστη τοπική παλίρροια, μέχρι που να συμπέσει χρονικά περίπου με την πλήμη και τη ρηχία, σε τόπους που βρίσκονται στην παλιρροιακή κεφαλή της υδάτινης οδού (στο χερσαίο δηλαδή όριο της που επηρεάζεται από την παλίρροια).

2.22 Σχέση μεταξύ ταχύτητας του ρεύματος και εύρους της παλίρροιας.

Η μεταβολή της ταχύτητας του παλιρροιακού ρεύματος από θέση σε θέση δεν είναι υποχρεωτικά σύμφωνη με το εύρος της παλίρροιας. Ίσως συμβαίνει το αντίθετο. Για παράδειγμα, τα παλιρροιακά ρεύματα είναι ασθενή στον κόλπο του Μαίην, όπου οι παλίρροιες έχουν μεγάλο εύρος, ενώ είναι ισχυρά κοντά στο νησί Nantucket και στο Nantucket Sound, όπου οι παλίρροιες είναι μικρές.

Σε οποιαδήποτε θέση, όμως, η ταχύτητα του ρεύματος σε σχέση με τη δύναμη της πλημμυρίδας και της αμπώτιδας μεταβάλλεται κατά τη διάρκεια του μήνα κατά το ίδιο περίπου ποσοστό με το εύρος της παλίρροιας. Έτσι μπορεί κανείς να χρησιμοποιήσει αυτή τη σχέση, για να προσδιορίσει τη σχετική δύναμη των παλιρροιακών ρευμάτων οποιαδήποτε ημέρα.

2.23 Μεταβολή κάθετα προς τις εκβολές ποταμού.

Στις χερσαίες παλιρροιακές υδάτινες οδούς ο χρόνος του παλιρροιακού ρεύματος μεταβάλλεται κάθετα προς το δίαυλο από ακτή σε ακτή. Κατά μέσο όρο παρατηρείται νωρίτερα το ρεύμα κοντά στην ακτή από το ρεύμα που δημιουργείται στο μέσο της διαδρομής, όπου η ταχύτητά του είναι μεγαλύτερη. Διαφορές μισής έως μιας ώρας δεν είναι ασυνήθιστες, η διαφορά όμως μεταβάλλεται και η σχέση ίσως ανατραπεί από την επίδραση της μη παλιρροιακής ροής.

Η ταχύτητα του παλιρροιακού ρεύματος μεταβάλλεται επίσης κάθετα προς το δίαυλο, γίνεται δε συνήθως μεγαλύτερη στο μέσο της ροής παρά στο μέσο του διαύλου, από αυτή που είναι κοντά στην ακτή, αλλά σε ένα ποτάμι που επηρεάζεται από τον άνεμο ή σε ανάλογο δίαυλο, παρατηρούνται τα μεγαλύτερα ρεύματα κοντά στην κοιλότητα της ακτής. Κοντά όμως στην αντίθετη ακτή (κυρτή ακτή) τα ρεύματα παρουσιάζονται ασθενή ή ίσως με τη μορφή στροβίλου.

2.24 Μεταβολή με το βάθος.

Στους παλιρροιακούς ποταμούς το ρεύμα που ρέει κάτω από την επιφάνεια του νερού, επενεργεί στο κατώτερο μέρος της κοίτης τους και γι' αυτό ίσως διαφέρει σημαντικά από το επιφανειακό ρεύμα. Ένα αξιόλογο υποβρύχιο ρεύμα είναι δυνατό να κινείται, παρά το γεγονός ότι η επιφάνεια του νερού φαίνεται να είναι στάσιμη. Το υποβρύχιο μάλιστα αυτό ρεύμα είναι δυνατό να

κινείται με αξιόλογη ταχύτητα, ακόμη και προς την αντίθετη κατεύθυνση του επιφανειακού ρεύματος.

Στις παλιρροιακές εκβολές και ιδιαίτερα στις χαμηλότερες προσεγγίσεις τους, όπου μάλιστα παρατηρείται αξιοσημείωτη διαφορά πυκνότητας του νερού από την κορυφή των εκβολών μέχρι το βυθό τους, η πλημμυρίδα του παλιρροιακού ρεύματος αρχίζει συνήθως γρηγορότερα κοντά στο βυθό και αργότερα κοντά στην επιφάνεια του νερού. Οι διαφορές είναι ποικίλες. Ίσως είναι μία ώρα ή δύο. Μπορεί ακόμη να είναι και λίγα λεπτά της ώρας, ανάλογα με τη μορφή των εκβολών, τη θέση τους και με το κατά πόσο είναι ρηχές, χωρίς αρκετό νερό, ή πλημμυρισμένες. Ακόμη και στην περίπτωση που η εκβολή των χερσαίων, γλυκών, υδάτων προς τη θάλασσα είναι τόσο μεγάλη, ώστε να παρεμποδίζεται το επιφανειακό παλιρροιακό ρεύμα να πλημμυρίζει, είναι δυνατό το νερό αυτό να πλημμυρίζει κάτω από την επιφάνεια. Η διαφορά ως προς το χρόνο της αμπώτιδας του ρεύματος από την επιφάνεια των εκβολών στο βυθό της κοίτης είναι συνήθως μικρή, εξαρτάται όμως πάντως από τις μεταβολές του χρόνου και της θέσεως.

Η ταχύτητα της αμπώτιδας του ρεύματος κατά την περίοδο που είναι ισχυρό ελαττώνεται συνήθως σταδιακά από την κορυφή προς το βυθό, από την επιφάνεια δηλαδή προς τα μεγαλύτερα βάθη, η ταχύτητα όμως της πλημμυρίδας του ρεύματος, όταν βρίσκεται στην έξαρσή της, είναι συχνά μεγαλύτερη στα υποβρύχια στρώματα του νερού, αυτά δηλαδή που είναι κάτω από την επιφάνεια, από ό,τι είναι στην ίδια την επιφάνεια.

2.25 Παρατηρήσεις.

Οι παρατηρήσεις των ρευμάτων πραγματοποιούνται με ρευματόμετρα ή με ρευματογραφικούς κοντούς (πάσσαλους), που χρησιμοποιούνται μαζί με ένα σχοινί, πάνω στο οποίο έχουν σημειωθεί γνωστές αποστάσεις. Οι κοντοί ρίχνονται στη θάλασσα από αγκυροβολημένο πλοίο ή λέμβο και εκπίπτουν, λόγω του ρεύματος, παρασυρόμενοι από αυτό. Μ' αυτό τον τρόπο υπολογίζεται η διεύθυνση και η ταχύτητα του ρεύματος, με τη βοήθεια πυξίδας του πλοίου ή της λέμβου και του αριθμημένου σχοινοῦ. Στο παρελθόν οι πιο επιτυχημένοι μετρητές ρεύματος απαιτούσαν τη χρησιμοποίηση πλοίου, καθώς και παρατηρητών συνεχούς και αποκλειστικής απασχολήσεως, όπως συνέβαινε απαραίτητα κατά τη χρήση των ρευματογραφικών κοντών. Λόγω όμως των δυσκολιών που παρουσίαζαν αυτές οι παρατηρήσεις καθώς και του μεγάλου κόστους τους, γίνονταν μόνο για περίοδο μιας ή δύο ημερών σε κάποια θέση. Παρατηρήσεις που διαρκούσαν ένα μήνα αποτελούσαν εξαίρεση, ενώ ακόμη πιο μακροχρόνιες σειρές παρατηρήσεων ήσαν δυνατό να επραγματοποιούντο μόνο όπου ήταν δυνατή, λόγω συνήθως άλλων κυρίων απασχολήσεων, η διάθεση πλοίου και παρατηρητών. Ως παράδειγμα αναφέρεται η χρήση των φαρόπλοιων, από όπου οι παρατηρήσεις των ρευμάτων μπορούσαν να είναι συνεχείς επί σειρά ετών, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι τα πλοία αυτά δεν εκτελούσαν παράλληλα την κύρια αποστολή τους.

Νεότεροι τύποι ρευματογράφων έχουν επινοηθεί και επινοούνται ακόμη. Οι ρευματογράφοι αυτοί, ρίχνονται από πλωτήρα, πάνω στον οποίο όμως κατα-

γράφονται τα στοιχεία του ρεύματος, η κατεύθυνση και η ταχύτητά του, ή από τον οποίο μεταδίδονται τα στοιχεία αυτά με ηλεκτρομαγνητική εκπομπή σε κάποιο ωκεανογραφικό βασικό σταθμό παρατηρήσεων, ή σε πλοίο ή στην ξηρά. Με τη χρησιμοποίηση των ρευματογραφικών πλωτήρων έχει αυξηθεί κατά πολύ η περίοδος των παρατηρήσεων του ρεύματος. Σε μερικές μάλιστα πρόσφατες εργασίες πεδίου, σε λιμάνια των Ηνωμένων Πολιτειών, η ελάχιστη περίοδος παρατηρήσεων του ρεύματος ήταν μία εβδομάδα, ενώ οι παρατηρήσεις σε διάφορους άλλους σταθμούς ήσαν συνεχείς για έναν έως έξι μήνες.

2.26 Πίνακες παλιρροιακών ρευμάτων και άλλες πηγές πληροφοριών.

Ο ναυτιλλόμενος δεν θα πρέπει να επιδιώξει να προβλέψει τα παλιρροιακά ρεύματα, χωρίς ειδικές πληροφορίες σχετικές με την τοποθεσία για την οποία ενδιαφέρεται. Αυτού του είδους οι πληροφορίες παρέχονται με πολλές μορφές σε πολλές ναυτιλιακές εκδόσεις.

Οι **πίνακες παλιρροιακών ρευμάτων** εκδίδονται κάθε χρόνο και παρέχουν τις προγνώσεις των χρονικών στιγμών και των εντάσεων της πλημμυρίδας και αμπτώιδας των ρευμάτων αυτών κάθε ημέρα, καθώς και των χρονικών στιγμών στασιμότητας των νερών, που μεσολαβούν, ή των ελαχίστων. Λόγω ελλείψεως επαρκών στοιχείων από πραγματικές παρατηρήσεις των ρευμάτων, η επικάλυψη που απαιτείται μεταξύ θεωρητικών προγνώσεων και πραγματικών μετρήσεων είναι σημαντικά περισσότερο περιορισμένη από όσο είναι στις παλίρροιες. Οι πίνακες παλιρροιακών ρευμάτων περιλαμβάνουν εξάλλου συμπληρωματικά στοιχεία, με τα οποία είναι δυνατό να γίνουν προγνώσεις παλιρροιακών ρευμάτων για πολλές τοποθεσίες, πέραν των όσων γίνονται από τους πίνακες, ημερησίως. Οι προγνώσεις γίνονται σήμερα σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές, με τη χρησιμοποίηση αρμονικών σταθερών του ρεύματος, οι οποίες αποκτώνται από την ανάλυση των παρατηρήσεων του ρεύματος κατά τον ίδιο τρόπο, όπως και στις παλίρροιες (παράγρ. 2.13). Η χρήση των πινάκων παλιρροιακών ρευμάτων εξηγείται στις παραγράφους 2.7 έως 2.10.

Οι **οδηγίες πλου** (sailing directions) και οι **πλοηγοί ακτών** (coast pilots) που εκδίδονται από τα ναυτικά έθνη, περιλαμβάνουν γενικές περιγραφές της συμπεριφοράς των ρευμάτων σε διάφορες τοποθεσίες σε ολόκληρο τον κόσμο.

Χάρτες παλιρροιακών ρευμάτων (Tidal current charts). Ένας αριθμός σπουδαίων λιμανιών και υδατίνων οδών καλύπτονται από πλήρεις σειρές χαρτών παλιρροιακών ρευμάτων, που δείχνουν με γραφικό τρόπο την ωραία κίνηση του ρεύματος.

Διαγράμματα παλιρροιακών ρευμάτων (Tidal currents diagrams) είναι μία σειρά μηνιαίων διαγραμμάτων, που χρησιμοποιούνται μαζί με τους χάρτες των παλιρροιακών ρευμάτων. Τα διαγράμματα δείχνουν κατ' ευθείαν το χάρτη, που πρέπει να χρησιμοποιηθεί και το συντελεστή διορθώσεως της ταχύτητας του ρεύματος, που πρέπει να εφαρμοσθεί σε κάθε χάρτη.

Βιβλιογραφία

- Doodson, A. T., and H. D. Warburg. *Admiralty Manual of Tides*. London, H. M. Stationery Office, 1941.
- Marmer, H. A. *The Tide*. New York, Appleton, 1926.
- Schureman, Paul. *Manual of the Harmonic Analysis and Prediction of Tides*. Rev. ed. U. S. Coast and Geodetic Survey Special Publication No. 98, Washington, U. S. Govt. Print. Off., 1940.
- Schureman, Paul. *Tide and Current Glossary*. National Ocean Survey. Washington, U. S. Govt. Print. Off., 1975.
- U. S. Coast and Geodetic Survey. *Manual of Current Observations*. Special Publication No. 215. Rev. ed. Washington, U. S. Govt. Print. Off., 1950.
- U. S. Coast and Geodetic Survey. *Manual of Tide Observations*. Publication 30-1. Washington, U. S. Govt. Print. Off., 1965.
- National Ocean Survey. *Tidal Current Charts and Tidal Current Diagrams*. Washington, several published periodically.
- National Ocean Survey. *Tide Tables and Tidal Current Tables*. Washington, U. S. Govt. Print. Off., several volumes of each published annually.
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

ΩΚΕΑΝΕΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

3.1 Εισαγωγή.

Η μετακίνηση των νερών που σχηματίζουν τους ωκεανούς δημιουργεί μία από τις πιο βασικές αιτίες διαφοράς, μεταξύ του πραγματικού στίγματος των πλοίων, της θέσεώς τους δηλαδή ως προς το βυθό, και του στίγματος αναμετρήσεως, της θέσεώς τους δηλαδή ως προς την επιφάνεια της θάλασσας. Το νερό που βρίσκεται σε κάποια ουσιαστική οριζόντια κίνηση ονομάζεται **ρεύμα** (current), η διεύθυνση προς την οποία κινείται **κατεύθυνση του ρεύματος** (set) και η ταχύτητα κινήσεώς του **ένταση** (drift). Το ρεύμα που είναι με ακρίβεια προσδιορισμένο ως προς την κατεύθυνση, την ένταση και το βάθος του, και το οποίο εκτείνεται επάνω από κάποια αρκετά εκτεταμένη περιοχή του ωκεανού, ονομάζεται **ωκεάνιο ρεύμα** (ocean current).

Περιοδικό ρεύμα (periodic current) είναι εκείνο, του οποίου η ένταση ή η κατεύθυνση μεταβάλλεται κυκλικά, κατά κανονικά κάπως διαλείμματα, όπως μεταβάλλεται και σε ένα παλιρροιακό ρεύμα. **Εποχιακό ρεύμα** (seasonal current) είναι εκείνο, το οποίο διακρίνεται για τις μεγάλες του αλλαγές, ως προς την ένταση ή την κατεύθυνσή του λόγω των εποχιακών ανέμων, που το δημιουργούν. **Σταθερό ρεύμα** (permanent current) είναι εκείνο, το οποίο έχει σχετικά μικρή περιοδική ή εποχιακή αλλαγή.

Το **παράκτιο ρεύμα** (coastal current) κινείται γενικά παράλληλα προς την ακτή, έξω από τη ζώνη θραύσεως των κυμάτων, έξω δηλαδή από την κυματωγή. ενώ το **επίμηκες ρεύμα της ακτής** (long shore current) κινείται παράλληλα προς αυτή, εσωτερικά της ζώνης θραύσεως των κυμάτων και δημιουργείται κυρίως από κύματα της θάλασσας, τα οποία θραύονται στην παραλία υπό γωνία. Οποιοδήποτε ρεύμα κινείται σε κάποια σχετική απόσταση από την ακτή είναι δυνατό να ονομάζεται **ρεύμα μακριά από την ακτή** (oddshore current), ενώ το ρεύμα που κινείται κοντά σε αυτήν είναι δυνατό να ονομάζεται **ρεύμα πλησίον της ακτής** (inshore current).

Επιφανειακό ρεύμα (surface current) είναι το ρεύμα, που κινείται στην επιφάνεια της θάλασσας και ιδίως εκείνο που δεν εκτείνεται σε βάθος κάτω από την επιφάνεια λίγων σχετικά ποδιών. **Υποβρύχιο ρεύμα** (subsurface current) είναι εκείνο που παρουσιάζεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και μόνο.

Υπάρχουν στοιχεία που αποδεικνύουν ότι τα πιο ισχυρά ωκεάνεια ρεύματα αποτελούνται από σχετικώς στενά και μεγάλης ταχύτητας επί μέρους ρεύματα (streams), που ακολουθούν εκπρωτικές πορείες, λόγω της επιδράσεως του ανέμου. Με αυτά τα ρεύματα συνδυάζονται συχνά δευτερεύοντα **αντιρεύματα** (counter currents), που ρέουν πλησίον τους, σε αντίθεση όμως κατεύθυνση, καθώς και ορισμένα τοπικά και γενικώς κυκλικά στροβιλοειδή **ρεύματα περιδινήσεως** (eddy currents). Το σχετικά στενό και βαθύ ρεύμα με μεγάλη ένταση ονομάζεται μερικές φορές **ισχυρό ρεύμα** (stream), ενώ το πλατύ, αβαθές και με μικρή ταχύτητα ονομάζεται **παρασυρόμενο ρεύμα** (drift current).

3.2 Αίτια που προκαλούν τα ωκεάνεια ρεύματα.

Παρά το ότι οι γνώσεις του ανθρώπου, ως προς τις διαδικασίες παραγωγής και διατηρήσεως των ωκεανείων ρευμάτων, κάθε άλλο παρά θεωρούνται πλήρεις, εντούτοις ο άνθρωπος έχει τη δυνατότητα κατανοήσεως γενικά των κυρίων παραγόντων, που έχουν σχέση με αυτές. Οι κύριες δυνάμεις, από τις οποίες δημιουργούνται τα ρεύματα, είναι ο άνεμος και οι διαφορές πυκνότητας του νερού της θάλασσας σε διαφορετικές θέσεις και βάθη. Επιπροσθέτως, παράγοντες όπως το βάθος του νερού, η υποβρύχια τοπογραφία, το σχήμα των θαλασσίων λεκανών του βυθού, μέσα στις οποίες το ρεύμα κινείται, η έκταση και η θέση της ξηράς, που βρίσκεται πλησίον, καθώς και η απόκλιση λόγω της περιστροφής της γης, επηρεάζουν την κυκλοφορία των ωκεανείων υδάτων.

3.3 Ρεύματα λόγω επιδράσεως του ανέμου.

Η ένταση του ανέμου, καθώς πνέει επάνω στη θάλασσα, έχει ως αποτέλεσμα να μετακινεί το επιφανειακό στρώμα του νερού. Η κίνηση αυτή μεταδίδεται σε κάθε διαδοχικό στρώμα θάλασσας, κάτω από την επιφάνεια, η εσωτερική όμως τριβή μέσα στο νερό προκαλεί μείωση της τιμής κινήσεως με την αύξηση του βάθους της θάλασσας. Το ρεύμα ονομάζεται **ρεύμα ανέμου Έκμαν** (Ekman wind current) ή και απλά **ρεύμα ανέμου** (wind current). Αν και υπάρχουν πολλοί μεταβλητοί συντελεστές, εντούτοις είναι γενικά παραδεκτό, ότι απαιτείται σταθερός άνεμος, που να πνέει επί 12 ώρες, για να δημιουργηθεί ένα τέτοιο ρεύμα.

Το ρεύμα ανέμου δεν ρέει κατά την κατεύθυνση του ανέμου που το προκαλεί, αλλά αποκλίνει από αυτή, λόγω της κοριόλιας δυνάμεως, που δημιουργείται από την περιστροφή της γης. Η απόκλιση είναι **προς τα δεξιά** στο βόρειο ημισφαίριο και **προς τα αριστερά** νότιο. Η κοριόλια δύναμη είναι μεγαλύτερη στα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη και περισσότερο αποτελεσματική στα βαθιά νερά. Γενικά η διαφορά μεταξύ κατευθύνσεως του ανέμου και του επιφανειακού ρεύματος ανέμου κυμαίνεται από 15° περίπου, που παρατηρείται κατά μήκος των αβαθών παρακτίων περιοχών, μέχρι 45° το μέγιστο, στους βαθείς ωκεανούς. Καθώς η κίνηση μεταδίδεται στα διαδοχικά βαθύτερα στρώματα νερού, η κοριόλια δύναμη συνεχίζει να συντελεί στην απόκλιση του ρεύματος. Σε βάθος αρκετών εκατοντάδων οργυιών το ρεύμα πιθανόν να κινείται στην αντίθετη κατεύθυνση από την κατεύθυνση του επιφανειακού

ρεύματος. Η απόκλιση αυτή, ως προς την κατεύθυνση του ρεύματος με την αύξηση του βάθους, συνδυασμένη με την ελάττωση της ταχύτητάς του με την αύξηση επίσης του βάθους, προκαλεί μετακίνηση νερού σπειροειδούς μορφής, που ονομάζεται **σπειροειδής του Έκμαν** (Ekman spiral).

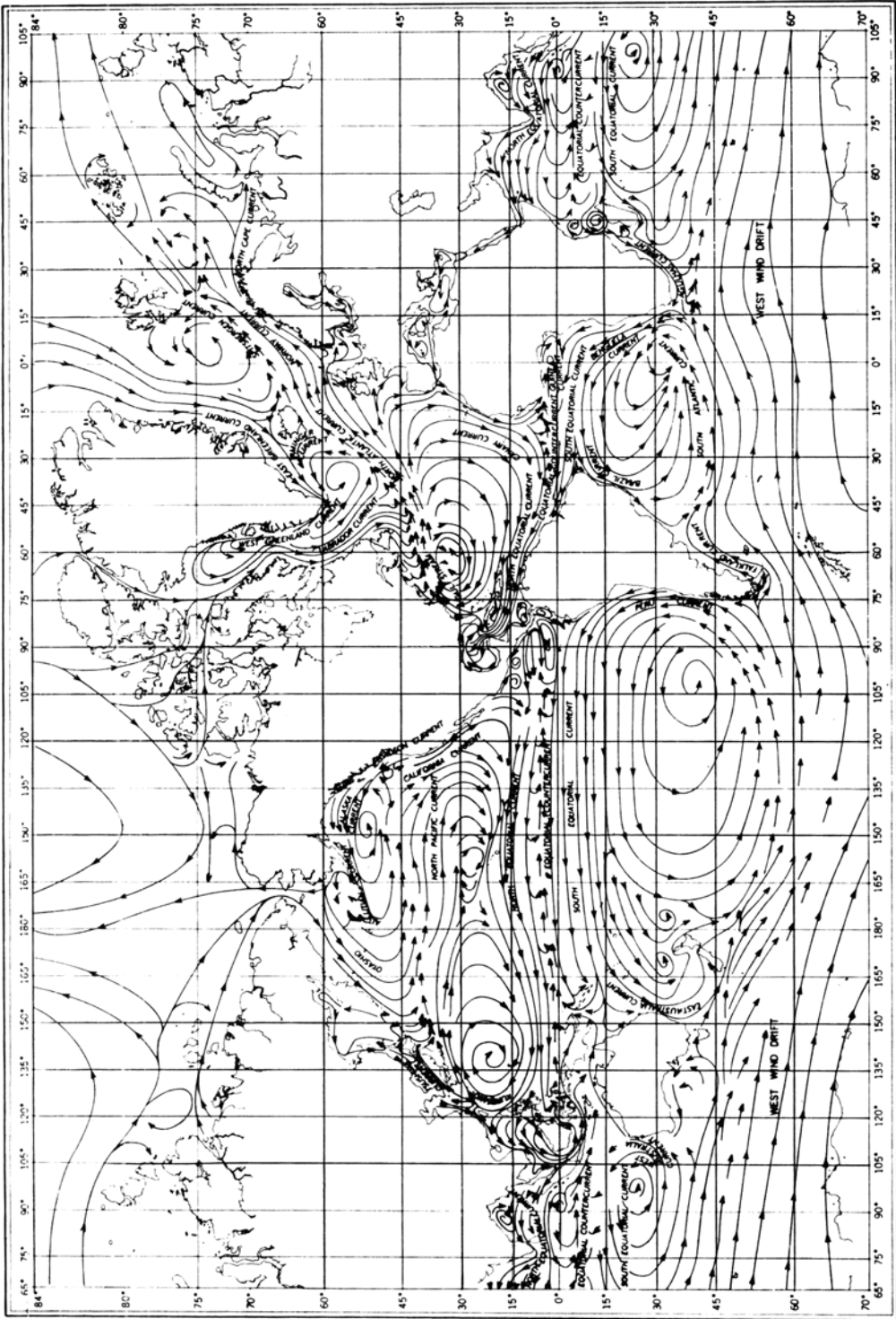
Η ταχύτητα του ρεύματος εξαρτάται από την ταχύτητα του ανέμου, τη σταθερότητά του, τη χρονική του διάρκεια και από άλλους παράγοντες. Γενικά όμως το 2% περίπου της ταχύτητας του ανέμου, ή λίγο λιγότερο, αποτελεί ένα καλό μέσο όρο εντάσεως του ρεύματος για βαθιά νερά, στην επιφάνεια των οποίων πνέει σταθερά ο άνεμος επί 12 ώρες τουλάχιστο.

3.4 Ρεύματα που έχουν σχέση με διαφορές πυκνότητας.

Όπως αναπτύχθηκε και στην παράγραφο 1.9, η πυκνότητα του νερού μεταβάλλεται ανάλογα με την αλμυρότητα, τη θερμοκρασία και την πίεση. Σε οποιοδήποτε βάθος οι διαφορές πυκνότητας οφείλονται στις διαφορές θερμοκρασίας και αλμυρότητας. Όταν διατίθενται κατάλληλες πληροφορίες, είναι δυνατό να κατασκευασθεί χάρτης, που να δείχνει τη γεωγραφική κατανομή της πυκνότητας, σε ορισμένο βάθος, με γραμμές που να ενώνουν σημεία ίσης πυκνότητας. Οι **γραμμές αυτές της ίσης πυκνότητας** (isopycnic lines) ή γραμμές που ενώνουν σημεία, στα οποία μία δεδομένη πυκνότητα συναντάται στο ίδιο βάθος, είναι παρόμοιες με τις ισοβαρείς, που εμφανίζονται επάνω στο μετεωρολογικό χάρτη και εξυπηρετούν ανάλογο σκοπό, με το να υποδεικνύουν περιοχές υψηλής και χαμηλής πυκνότητας. Σε περιοχή υψηλής πυκνότητας η επιφάνεια του νερού βρίσκεται χαμηλότερα από την επιφάνεια, που βρίσκεται σε περιοχή χαμηλής πυκνότητας, η δε μέγιστη διαφορά ύψους κυμαίνεται από 1-2 πόδια ανά 40 μίλια. Λόγω της διαφοράς αυτής το νερό τείνει να κινηθεί από την περιοχή, όπου τα νερά βρίσκονται σε υψηλότερη στάθμη (χαμηλή πυκνότητα), στην περιοχή χαμηλότερης στάθμης (υψηλή πυκνότητα), η περιστροφή όμως της γης προκαλεί απόκλιση της κινήσεως προς τα δεξιά στο βόρειο ημισφαίριο και προς τα αριστερά στο νότιο. Έτσι προκαλείται κυκλοφορία του νερού παρόμοια με την κυκλωνική και αντικυκλωνική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαβάθμιση της πυκνότητας (τιμή μεταβολής της με την αύξηση της αποστάσεως), τόσο ταχύτερο είναι το σχετικό ρεύμα.

3.5 Ωκεάνεια κυκλοφορία.

Ένας αριθμός ρευμάτων κινείται ανά τους ωκεανούς με σταθερότητα και επιμονή, προκαλώντας κυκλοφορία του νερού, η οποία συνεχίζεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους με σχετικά μικρή αλλαγή. Λόγω της επιδράσεως του ανέμου στη δημιουργία των ρευμάτων (παράγρ. 3.3) υπάρχει κάποια σχέση μεταξύ αυτής της ωκεάνειας κυκλοφορίας και της γενικής ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας. Η ωκεάνεια κυκλοφορία φαίνεται στο σχήμα 3.5, με τα ονόματα των μεγαλύτερων ωκεανείων ρευμάτων. Υπάρχουν κάποιες διαφορές απόψεων αναφορικά με τα ονόματα και τα όρια ορισμένων ρευμάτων, αυτά όμως που εμφανίζονται στο σχέδιο είναι αντιπροσωπευτικά ρεύματα. Ο χώρος μεταξύ



Σχ. 3.5.

Τα κυριότερα επιφανειακά ρεύματα του κόσμου (βόρειο ημισφαίριο, το χειμώνα).

των γραμμών αποτελεί γενική ένδειξη της ταχύτητας, οι συνθήκες όμως ποικίλλουν κάπως ανάλογα με την εποχή. Αυτό είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτο στον Ινδικό ωκεανό, καθώς και κατά μήκος των ακτών της Νότιας Κίνας, όπου τα ρεύματα επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τους μουσόνες.

3.6 Τα ρεύματα του Ατλαντικού ωκεανού (Atlantic Ocean currents).

Οι μεταφερόμενοι άνεμοι, που πνέουν με μεγάλη επιμονή δημιουργούν ένα σύστημα **ισημερινών ρευμάτων** (equatorial currents), τα οποία μερικές φορές εκτείνονται μέχρι και σε γεωγραφικό πλάτος 50° ή και ακόμη μεγαλύτερο. Υπάρχουν δύο ρεύματα, που κινούνται προς τα δυτικά και τα οποία συσχετίζονται γενικά με τις περιοχές, στις οποίες πνέουν οι μεταφερόμενοι άνεμοι. Διαχωρίζονται μεταξύ τους από ένα ασθενέστερο αντίρρευμα, που κινείται προς τα ανατολικά.

Το **Βόρειο Ισημερινό Ρεύμα** (North Equatorial Current) δημιουργείται στην περιοχή βόρεια των νησιών του Πράσινου ακρωτηρίου (Cape Verde) και ρέει σχεδόν προς τα δυτικά με μέση ταχύτητα 0,7 κόμβων περίπου.

Το **Νότιο Ισημερινό Ρεύμα** (South Equatorial Current) είναι περισσότερο εκτεταμένο. Αρχίζει έξω από τις δυτικές ακτές της Αφρικής, νότια του κόλπου της Γουϊνέας και κινείται προς δυτική γενικά κατεύθυνση, με μέση ταχύτητα 0,6 κόμβων περίπου. Η ταχύτητα εντούτοις αυξάνει προοδευτικά, μέχρις ότου φθάσει ίσως τους 2,5 κόμβους ή και περισσότερους, έξω από τις ανατολικές ακτές της Νότιας Αμερικής. Καθώς το ρεύμα προσεγγίζει το ακρωτήριο Sao Roque, την πιο απομακρυσμένη δηλαδή ανατολική ακτή της Νότιας Αμερικής, διαιρείται, έτσι ώστε το νοτιότερο τμήμα του ρεύματος να κάμπτεται προς το νότο, κατά μήκος των ακτών της Βραζιλίας και το βορειότερο τμήμα να αποκλίνει προς το Βορρά, λόγω της παρουσίας της ηπείρου της Νότιας Αμερικής.

Μεταξύ του Βόρειου και Νότιου Ισημερινού Ρεύματος κατευθύνεται το ασθενέστερο **ισημερινό Αντίρρευμα** (Equatorial Counter Current) προς τα ανατολικά, σε γενική γειτνίαση με τις ισημερινές νηεμίες. Το Αντίρρευμα αυτό τροφοδοτείται με νερό από τα δύο ισημερινά ρεύματα, που κινούνται προς τα δυτικά, και ιδίως από το Νότιο Ισημερινό Ρεύμα. Η έκταση στην οποία κινείται το Ισημερινό Αντίρρευμα και η έντασή του μεταβάλλεται ανάλογα με τις εποχιακές αλλαγές του ανέμου. Το Αντίρρευμα καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη έκταση κατά τη διάρκεια του Ιουλίου και Αυγούστου, οπότε εκτείνεται από τις 50° περίπου δυτικού μήκους μέχρι τον κόλπο της Γουϊνέας. Κατά τη διάρκεια του Δεκεμβρίου και Ιανουαρίου εκτείνεται σε πολύ περιορισμένη έκταση, το δε δυτικό του μέρος εξαφανίζεται τότε ολόκληρο.

Το μέρος εκείνο του Νότιου Ισημερινού Ρεύματος, που κινείται κατά μήκος των βορειών ακτών της Νότιας Αμερικής και δεν τροφοδοτεί με νερό το Ισημερινό Αντίρρευμα, ενώνεται με το βόρειο Ισημερινό Ρεύμα σε κάποιο σημείο δυτικά του Ισημερινού Αντιρεύματος. Μεγάλο τμήμα του συνδυασμένου ρεύματος κινείται ανάμεσα από διάφορες θαλάσσιες διελεύσεις, που σχηματίζονται μεταξύ των νησιών Γουίντγουερντ (Προσήμενα νησιά), προς την Καραϊβική θάλασσα. Το τμήμα αυτό κατευθύνεται προς τα δυτικά και κατόπι

κάπως προς βορειοδυτικά, φθάνει δε τελικά έξω από τη χερσόνησο Γιουκατάν. Από εκεί ένα μέρος του νερού κάμπτεται προς τα δεξιά, ρέοντας σε κάποια απόσταση έξω από την ακτή του κόλπου του Μεξικού, ενώ άλλο μέρος του κάμπτεται περισσότερο απότομα προς τα δεξιά και κινείται κατ' ευθείαν προς τη βόρεια ακτή της Κούβας. Τα δύο αυτά τμήματα ενώνονται και πάλι στα στενά της Φλώριδας και σχηματίζουν το πιο αξιοσημείωτο ρεύμα από όλα τα ρεύματα, το **Ρεύμα του Κόλπου** (Gulf stream). Έξω από τις νοτιανατολικές ακτές της Φλώριδας το Ρεύμα του Κόλπου αυξάνεται από κάποιο άλλο ρεύμα, που κινείται κατά μήκος των βορειότερων ακτών του Πόρτο Ρίκο, της Αϊτής και της Κούβας και ενώνεται τελικά με αυτό. Ένα άλλο επίσης ρεύμα, που κινείται προς τα ανατολικά των νησιών Μπαχάμας, συναντά το Ρεύμα του Κόλπου βόρεια από αυτά τα νησιά.

Το Ρεύμα του Κόλπου, αφού κινηθεί αρχικά γύρω από τη Φλώριδα, ακολουθεί γενικά τις ανατολικές ακτές της Βόρειας Αμερικής, προς τα βόρεια, κατόπιν ρέει βορειοανατολικά προς το ακρωτήριο Χάττερας και στη συνέχεια κάμπτεται προς τα ανατολικά, όπου γίνεται πλατύτερο και βραδύτερο. Παρακάμπτοντας κατόπιν την περιοχή των Γκραντ Μπανκς της ακτής Νέας Γης (Newfoundland) του Καναδά, στρέφεται ακόμη περισσότερο προς βορρά και μεταβάλλεται σε ένα πλατύ παρασυρόμενο ρεύμα, που ρέει στο βόρειο Ατλαντικό. Το τμήμα εκείνο του Ρεύματος του Κόλπου, που κινείται μέσα στα στενά της Φλώριδας, ονομάζεται από μερικούς **Ρεύμα της Φλώριδας** (Florida Current).

Μέσα στο Ρεύμα του Κόλπου κινείται γενικά με κατεύθυνση το Βορρά τρομακτικός όγκος νερού, ευδιάκριτος από το βαθύ ιώδες-κυανό χρώμα του, που βρίσκεται σε χαρακτηριστική αντίθεση προς το ανοιχτό πράσινο νερό του περιβάλλοντος. Το νερό του Ρεύματος του Κόλπου συνοδεύεται από συχνούς ανέμους, που έχουν αξιοσημείωτη ένταση και που αναπτύσσονται και κοπάζουν γρήγορα. Όταν το Ρεύμα του Κόλπου συναντηθεί με το κρύο νερό του Ρεύματος του Λαμπραντόρ, κυρίως κοντά στην περιοχή των Γκραντ Μπανκς, δημιουργείται περιορισμένη ανάμιξη των υδάτων. Η συνένωση των υδάτων επισημαίνεται από κάποια απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας τους. Η γραμμή ή η επιφάνεια, κατά μήκος της οποίας πραγματοποιείται αυτή η συνένωση, ονομάζεται **ψυχρός τοίχος** (cold wall). Όταν το θερμό νερό του Ρεύματος του Κόλπου συναντήσει κρύο αέρα, η εξάτμιση είναι τόσο γρήγορη, ώστε το νερό που εξατμίζεται και ανεβαίνει προς την ατμόσφαιρα μπορεί να γίνει ορατό σαν **παγωμένος καπνός** (frost smoke). Το Ρεύμα του Κόλπου μεταφέρει μεγάλες ποσότητες από θαλάσσια φυτά και χορτάρια, που προέρχονται από τις τροπικές περιοχές του, προς τα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη της διαδρομής του.

Πρόσφατες έρευνες έχουν δείξει, ότι το ρεύμα αυτό καθ' εαυτό είναι πολύ στενότερο και ταχύτερο από ό,τι παλαιότερα είχε υποθεθεί. Επίσης έχει αποδειχθεί, ότι μεταβάλλεται αξιοσημείωτα, ως προς τις ακριβείς θέσεις του, κατά το μήκος της διαδρομής του και ως προς την ταχύτητα. Η μεγαλύτερη έντασή του, έξω από τις ακτές της Φλώριδας, κυμαίνεται από 2-4 κόμβους περίπου. Προς τα βόρεια η ταχύτητα είναι γενικά μικρότερη και ελαττώνεται περισσότερο, αφού το ρεύμα περάσει από το ακρωτήριο Χάττερας. Καθώς το ρεύμα ακολουθεί μαιανδρική διαδρομή και μεταβάλλει θέση, σχηματίζει

μερικές φορές στροβίλους περιδινήσεως του νερού, που συνεχίζουν τη διαδρομή σαν μεμονωμένες κυκλικές ροές, μέχρι να διασκορπισθούν. Είναι γνωστό ότι σκάφη κάθε μεγέθους που βρίσκονται στην περιοχή Bermuda Race και είναι ορατά το ένα από το άλλο, μεταφέρονται προς αντίθετη κατεύθυνση από διαφορετικά τμήματα του ίδιου ρεύματος. Επειδή το Ρεύμα του Κόλπου μεταβάλλει θέση, η έκτασή του δεν συμπίπτει πάντοτε με την περιοχή του θερμού κυανού νερού. Όταν η θάλασσα είναι σχετικά ήρεμη, τα άκρα του ρεύματος είναι δυνατό να διακριθούν από μικρά κύματα, που δημιουργούνται εκεί.

Δεν υπάρχουν ακόμη διαθέσιμες πληροφορίες, που να επιτρέπουν την πρόγνωση της θέσεως και ταχύτητας του Ρεύματος του Κόλπου σε οποιοδήποτε μελλοντικό χρόνο. Έχει όμως διαπιστωθεί ότι οι παλιρροιακές δυνάμεις επηρεάζουν προφανώς και το ρεύμα, το οποίο φθάνει στη μεγαλύτερη ημερήσια ταχύτητά του 3 ώρες περίπου μετά τη διέλευση της σελήνης από τον μεσημβρινό του τόπου. Το ρεύμα είναι γενικά ταχύτερο κατά τους χρόνους των τετραγωνισμών, από ό,τι είναι κατά τους χρόνους των συζυγιών. Όταν η σελήνη βρίσκεται επάνω από τον Ισημερινό, το ρεύμα είναι στενότερο και ταχύτερο από όσο είναι, όταν βρίσκεται στη μεγαλύτερη βόρεια ή νότια απόκλιση της. Οι μεταβολές στους μεταφερόμενους ανέμους επηρεάζουν επίσης το ρεύμα.

Καθώς το Ρεύμα του Κόλπου εξακολουθεί να κινείται προς τα ανατολικά και βορειοανατολικά, πέρα από τη περιοχή των Γκραντ Μπάνκς, γίνεται προοδευτικά πλατύτερο και ρέει με ταχύτητα που προοδευτικά ελαττώνεται, μέχρις ότου μεταβληθεί σε ένα αχανές ρεύμα, γνωστό σαν **Ρεύμα του Βόρειου Ατλαντικού** (North Atlantic Current) κοντά γενικά στην περιοχή που επικρατούν οι δυτικοί άνεμοι και πνέουν στην υποτροπική ζώνη υψηλών πιέσεων. Στο ανατολικότερο μέρος του Ατλαντικού το ρεύμα διαιρείται στο **Βορειοανατολικό Παρασυρόμενο Ρεύμα** (Northeast Drift Current) και στο **Νοτιοανατολικό Παρασυρόμενο Ρεύμα** (Southeast Drift Current).

Το Βορειοανατολικό Παρασυρόμενο Ρεύμα συνεχίζει προς βορειοανατολική γενικά κατεύθυνση, δηλαδή προς τη θάλασσα της Νορβηγίας. Καθώς κινείται έτσι, συνεχίζει να αυξάνει το πλάτος του και να ελαττώνει την ταχύτητά του. Νότια της Ισλανδίας διακλαδίζεται και σχηματίζει το **Ρεύμα Ίρμινγκερ** (Irminger Current) και το **Νορβηγικό Ρεύμα** (Norway Current). Το Ρεύμα Ίρμινγκερ κάμπτεται προς τα βόρεια και βορειοδυτικά και ενώνεται με το Ανατολικό Ρεύμα της Γροιλανδίας, νοτιοδυτικά της Ισλανδίας. Το Νορβηγικό Ρεύμα συνεχίζει να κινείται προς βορειοανατολική γενικά κατεύθυνση, κατά μήκος των ακτών της Νορβηγίας. Μέρος του Νορβηγικού Ρεύματος, που ονομάζεται **Ρεύμα του Βόρειου Ακρωτήριου** (North Cape Current), περιβρέχει το Βόρειο Ακρωτήριο και κινείται προς τη θάλασσα Μπάρεντς. Το άλλο τμήμα κάμπτεται προς τα βόρεια και ονομάζεται εκεί **Ρεύμα της Σπιτσβέργης** (Spitsbergen Current). Πριν το ρεύμα αυτό φθάσει στην Σπιτσβέργη (Σβάλμπαρντ), κάμπτεται προς τα δυτικά και ενώνεται με το ψυχρό **Ανατολικό Ρεύμα της Γροιλανδίας** (East Greenland Current), κινείται δε προς τα νότια γενικά, μέσα στη θάλασσα της Γροιλανδίας. Καθώς η ροή του ρεύματος συνεχίζεται μετά από την Ισλανδία, το Ρεύμα Ίρμινγκερ του αυξάνει ακόμη περισσότερο τα χαρακτηριστικά του.

Έξω από το ακρωτήριο Φάρβελ (Φέρουελ), στο νοτιότερο άκρο της Γροιλανδίας, το Ανατολικό Ρεύμα της Γροιλανδίας κάμπτεται απότομα προς τα βορειοδυτικά, ακολουθώντας την ακτογραμμή. Καθώς κινείται έτσι, μετονομάζεται σε **Ρεύμα της Δυτικής Γροιλανδίας** (West Greenland Current). Το ρεύμα αυτό συνεχίζει να κινείται κατά μήκος των ακτών της Γροιλανδίας, προς τον Κόλπο Μπάφφιν, περνώντας μέσα από το στενό Νταϊήβις. Και τα δύο Ρεύματα της Γροιλανδίας, το Ανατολικό και Δυτικό μαζί, είναι γνωστά μερικές φορές με το ενιαίο όνομα **Ρεύμα της Γροιλανδίας** (Greenland Current).

Το Ρεύμα της Γροιλανδίας ακολουθεί μέσα στον κόλπο Μπάφφιν την ακτή γενικά και κάμπτεται προς τα δυτικά, έξω από το ακρωτήριο Γιόρκ σχηματίζοντας το **Ρεύμα του Λαμπραντόρ** (Labrador Current) που κινείται προς τα νότια. Το ψυχρό αυτό ρεύμα ρέει προς τα νότια, έξω από τις ακτές του νησιού Μπάφφιν, ανάμεσα από το στενό του Νταϊήβις, κατά μήκος της ακτής του Λαμπραντόρ και της Νέας Γης (Νιουφάουντλαντ), προς τα Γκραντ Μπανκς, μεταφέροντας μαζί του μεγάλες ποσότητες πάγου (κεφάλαιο 6). Στην περιοχή των Γκραντ Μπανκς συναντά το θερμό νερό του Ρεύματος του Κόλπου, δημιουργώντας έτσι τον **ψυχρό τοίχο** (cold wall). Κάποια ποσότητα του ψυχρού νερού κινείται προς τα νότια, κατά μήκος της ακτής της Βόρειας Αμερικής και προς την πλευρά του Ρεύματος του Κόλπου, που βρίσκεται προς την ακτή, μέχρι το Ακρωτήριο Χάττερας. Το υπόλοιπο τμήμα κάμπτεται προς τα ανατολικά και κινείται κατά μήκος του βόρειου άκρου του Ρεύματος του Βόρειου Ατλαντικού, καθώς και του Βορειοανατολικού Παρασυρόμενου Ρεύματος και προσδευτικά βυθίζεται μαζί τους.

Το Νοτιοανατολικό Παρασυρόμενο Ρεύμα κάμπτεται προς τα ανατολικά, νοτιοανατολικά και κατόπιν προς τα νότια, καθώς παρεμποδίζεται και αναγκάζεται να αποκλίνει λόγω των ακτών της Ευρώπης. Κινείται προς το Βισκαϊκό Κόλπο και την νοτιοανατολική Ευρώπη και προς τις Κανάριες νήσους, όπου συνεχίζει με την ονομασία **Ρεύμα των Καναρίων** (Canary Current). Κοντά στα νησιά του Πράσινου ακρωτηρίου το ρεύμα αυτό διαιρείται. Ένα μέρος του κάμπτεται προς τα δυτικά βοηθώντας στο σχηματισμό του Βόρειου Ισημερινού Ρεύματος, ενώ άλλο μέρος του κάμπτεται προς τα ανατολικά ακολουθώντας τις ακτές της Αφρικής προς το εσωτερικό του κόλπου της Γουϊνέας, όπου είναι γνωστό ως **Ρεύμα της Γουϊνέας** (Guinea Current). Το ρεύμα αυτό αυξάνεται από το Ισημερινό Αντίρρευμα. Η έντασή του ενισχύεται το καλοκαίρι από τους μουσόνες. Κινείται σε πολύ κοντινή απόσταση από το Νότιο Ισημερινό Ρεύμα, αλλά προς την αντίθετη κατεύθυνση. Καθώς κάμπτεται προς τα νότια, ακολουθώντας ακόμη της αφρικανικές ακτές, βυθίζεται μαζί με το Νότιο Ισημερινό Ρεύμα.

Η κυκλοφορία των νερών του Βόρειου Ατλαντικού, που πραγματοποιείται προς την κατεύθυνση κινήσεως των δεικτών του ωρολογίου, αφήνει μία μεγάλη κεντρική περιοχή με ρεύματα, που τα χαρακτηριστικά τους δεν μπορούν να προσδιορισθούν με σαφήνεια. Η περιοχή αυτή είναι γνωστή σαν **θάλασσα των Σαργασσών** (Sargasso Sea), από τις μεγάλες ποσότητες των φυτών σαργάσσο ή άλλων θαλασσίων φυτών της περιοχής του Ρεύματος του Κόλπου, που συναντιούνται εκεί.

Ο θραχίονας εκείνος του Νότιου Ισημερινού Ρεύματος, ο οποίος κάμπτεται

προς τα νότια έξω από τις ανατολικές ακτές της Νότιας Αμερικής, ακολουθεί τις ακτές με το όνομα **Ρεύμα της Βραζιλίας** (Brazil Current). Το ρεύμα αυτό είναι θερμό, έχει μεγάλη αλμυρότητα και ομοιάζει κατά κάποιο τρόπο με το Ρεύμα του Κόλπου. Έξω από την Ουρουγουάη το Ρεύμα της Βραζιλίας συναντά το ψυχρότερο και λιγότερο αλμυρό νερό του Ρεύματος των Φώκλαντ, τα δύο δε μαζί κάμπτονται προς τα ανατολικά και σχηματίζουν το **Ρεύμα του Νότιου Ατλαντικού** (South Atlantic Current). Το ρεύμα αυτό έχει μεγάλο πλάτος και κινείται με μικρή ταχύτητα, κοντά γενικά στην περιοχή που επικρατούν οι Δυτικοί άνεμοι, οι οποίοι πνέουν στην υποτροπική ζώνη των υψηλών πιέσεων. Κινείται προς τα ανατολικά μέχρι ενός σημείου, που βρίσκεται δυτικά από το Ακρωτήριο της Καλής Ελπίδας, όπου κάμπτεται προς τα βόρεια και ακολουθεί τις δυτικές ακτές της Αφρικής, μετονομαζόμενο σε **Ρεύμα Μπενγκουέλα** (Benguela Current). Το Ρεύμα Μπενγκουέλα είναι ισχυρό και ενισχύεται ακόμη περισσότερο από ένα τμήμα του Ρεύματος Αγκούλιας (Agulhas Current), το οποίο κινείται γύρω από το νότιο μέρος της Αφρικής, από τον Ινδικό Ωκεανό. Καθώς το Ρεύμα του Νότιου Ατλαντικού συνεχίζει να κινείται προς τα βόρεια, αυξάνει το πλάτος του σταδιακά, ενώ προοδευτικά ελαττώνεται η ταχύτητά του. Σε κάποιο σημείο, ανατολικά του νησιού της Αγίας Ελένης, κάμπτεται προς τα δυτικά και συνεχίζει σαν ένα τμήμα του Νότιου Ισημερινού Ρεύματος, συμπληρώνοντας έτσι την κυκλοφορία του νερού του Νότιου Ατλαντικού, που πραγματοποιείται με φορά αντίθετη των δεικτών του ωρολογίου. Το Ρεύμα Μπενγκουέλα αυξάνεται επίσης κάπως από το **Ρεύμα που παρασύρεται από Δυτικούς Ανέμους** (West Wind Drift), ένα ρεύμα δηλαδή που κινείται προς τα ανατολικά, γύρω από την Ανταρκτική. Καθώς το Ρεύμα που παρασύρεται από τους Δυτικούς ανέμους κινείται, προσπερνώντας το Ακρωτήριο Χορν της Νότιας Αμερικής, μετανομάζεται στο τμήμα του εκείνο, που βρίσκεται σε άμεση προσέγγιση με το ακρωτήριο, σε **Ρεύμα του Ακρωτηρίου Χορν** (Cape Horn Current). Το ρεύμα αυτό περιβρέχει το ακρωτήριο και κινείται προς βόρεια ή βορειοανατολική κατεύθυνση, κατά μήκος των ακτών της Νότιας Αμερικής, με την ονομασία **Ρεύμα Φώκλαντ** (Falkland Current).

3.7 Τα ρεύματα του Ειρηνικού ωκεανού (Pacific Ocean currents).

Τα ρεύματα αυτά ακολουθούν την ίδια πορεία γενικά με την πορεία των ρευμάτων του Ατλαντικού. Το **Βόρειο Ισημερινό Ρεύμα** (North Equatorial Current) κινείται προς τα δυτικά, στη γενική περιοχή που πνέουν οι βορειοανατολικοί μεταφερόμενοι άνεμοι, ενώ το **Νότιο Ισημερινό Ρεύμα** (South Equatorial Current) ακολουθεί παρόμοια διαδρομή στην περιοχή που πνέουν οι νοτιοανατολικοί μεταφερόμενοι άνεμοι. Μεταξύ αυτών των δύο το ασθενέστερο **Ισημερινό Αντίρρευμα** (Equatorial Countercurrent) κατευθύνεται προς τα ανατολικά, ακριβώς βόρεια από τον Ισημερινό.

Μετά τη διέλευση από τα νησιά Μαριάνες, το μεγαλύτερο τμήμα του Βόρειου Ισημερινού Ρεύματος κάμπτεται κάπως προς τα βορειοδυτικά και περνά από τις Φιλιππίνες και τη Φορμόζα. Σ' αυτή την περιοχή αποκλίνει ακόμη περισσότερο προς τα βόρεια, όπου μετονομάζεται στο γνωστό **Κούρο-σιό** (Kuroshio), κατόπιν δε αποκλίνει προς τα βορειοανατολικά και περνά από το Nansei Shoto

και την Ιαπωνία και προς περισσότερο ανατολική κατεύθυνση. Μέρος του Κούρο-σίο, που ονομάζεται **Ρεύμα Τσουσίμα** (Tsushima Current), κινείται μέσα από το στενό της Τσουσίμα, μεταξύ της Ιαπωνίας και Κορέας, και τη θάλασσα της Ιαπωνίας, ακολουθώντας γενικά τη βορειοδυτική ακτή της Ιαπωνίας. Βόρεια από την Ιαπωνία κάμπτεται προς τα ανατολικά και κατόπιν νοτιοανατολικά και ενώνεται και πάλι με το κύριο τμήμα του ρεύματος Κούρο-σίο. Τα όρια και ο όγκος του Κούρο-σίο μεταβάλλονται, γιατί επηρεάζονται από τους μουσόνες και μάλιστα αυξάνονται κατά τη διάρκεια των νοτιοδυτικών ανέμων, ενώ μειώνονται, όταν επικρατούν οι βορειοανατολικοί άνεμοι.

Το Κούρο-σίο (ιαπωνικά «Μαύρο Ρεύμα») ονομάζεται έτσι, λόγω του σκοτεινού χρώματος του νερού του. Μερικές φορές ονομάζεται και **Ιαπωνικό Ρεύμα** (Japan Stream). Το ρεύμα αυτό είναι παρόμοιο με το Ρεύμα του Κόλπου που κινείται στον Ατλαντικό, σύμφωνα με πολλές απόψεις. Όπως και εκείνο έτσι και το Κούρο-σίο μεταφέρει μεγάλες ποσότητες θερμού, τροπικού νερού, προς τα μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη και κατόπιν κάμπτεται προς τα ανατολικά, και αποτελεί το κυριότερο τμήμα της γενικής κυκλοφορίας του νερού, στο Βόρειο ημισφαίριο που ακολουθεί την κίνηση των δεικτών του ρολογιού. Καθώς κινείται κατ' αυτό τον τρόπο, αυξάνει το πλάτος του και ελαττώνει την ταχύτητά του. Μικρό τμήμα του κάμπτεται προς τα δεξιά και σχηματίζει μία ασθενή κυκλοφορία νερού, με κίνηση αντίστοιχη με τη φορά κινήσεως των δεικτών του ρολογιού, δυτικά από τα νησιά της Χαβάης. Το μεγαλύτερο τμήμα του όμως συνεχίζει να κινείται μεταξύ των Αλεουτιών νησιών και των νησιών της Χαβάης, όπου μετονομάζεται σε **Ρεύμα του Βόρειου Ειρηνικού** (North Pacific Current).

Καθώς το Ρεύμα του Βόρειου Ειρηνικού προσεγγίζει προς τη βορειοαμερικανική ήπειρο, στο μεγαλύτερο τμήμα του αποκλίνει προς τα δεξιά και σχηματίζει ένα κυκλοφορικό σύστημα, με φορά κινήσεως όμοια με την κίνηση των δεικτών του ρολογιού, μεταξύ της δυτικής ακτής της Βόρειας Αμερικής και των νησιών της Χαβάης. Το τμήμα αυτό του ρεύματος γίνεται εκεί πια τόσο πλατύ, ώστε η κυκλοφορία του να είναι ασθενής. Ένα μικρό μέρος του εντούτοις, που κινείται κοντά στην ακτή, ενώνεται με το νότιο βραχίονα του ρεύματος των Αλεουτιών και κινείται στη συνέχεια προς τα νοτιοανατολικά, με την ονομασία **Ρεύμα της Καλιφόρνιας** (California Current). Η μέση ταχύτητα του ρεύματος Καλιφόρνιας είναι περίπου 0,8 κόμβοι. Έχει τη μεγαλύτερη ορμή του κοντά στη ξηρά. Κοντά στο νοτιότερο άκρο της Κάτω Καλιφόρνιας το ρεύμα κάμπτεται απότομα προς τα δυτικά και διευρύνεται, σχηματίζοντας το μεγαλύτερο τμήμα του Βόρειου Ισημερινού Ρεύματος.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα ένα ασθενικό αντίρευμα κινείται προς τα βορειοδυτικά, κατά μήκος των δυτικών ακτών της Βόρειας Αμερικής, από τη νοτιότερη Καλιφόρνια μέχρι το νησί Βανκούβερ, προς το μέρος της ακτής του ρεύματος της Καλιφόρνιας, το οποίο, όπως προαναφέρθηκε, κινείται προς τα νοτιοανατολικά. Αυτό το ρεύμα ονομάζεται **Ρεύμα Ντάβιντσον** (Davidson Current).

Έξω από τις δυτικές ακτές του Μεξικού, νότια από την Κάτω Καλιφόρνια, το ρεύμα κινείται νοτιοανατολικά, σαν συνέχεια μέρους του ρεύματος της Καλιφόρνιας, κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Κατά τη διάρκεια όμως του θέρους

το ρεύμα στην περιοχή αυτή έχει βορειοδυτική κατεύθυνση, σαν συνέχεια του Ισημερινού Αντιρεύματος, πριν αυτό μεταβάλλει κατεύθυνση προς τα δυτικά και υποβοηθήσει έτσι στο σχηματισμό του Βόρειου Ισημερινού Ρεύματος.

Όπως στον Ατλαντικό, έτσι και στον Ειρηνικό ωκεανό διαπιστώνεται κυκλοφορία νερού, με αντίθετη κατεύθυνση από την κίνηση των δεικτών του ρολογιού, βόρεια από την περιοχή, στην οποία η κυκλοφορία έχει την ίδια φορά με την κίνηση των δεικτών του ρολογιού. Ψυχρό νερό, που κινείται προς τα νότια, δια μέσου του δυτικότερου τμήματος του Στενού του Μπέρινγκ, μεταξύ δηλαδή της Αλάσκας και της Σιθρίας, ενώνεται με νερό που κυκλοφορεί με φορά αντίθετη της κινήσεως των δεικτών του ρολογιού, μέσα στη θάλασσα του Μπέρινγκ και σχηματίζει το ρεύμα **Όγια-σίο** (Oyashio). Καθώς το ρεύμα Όγια-σίο εγκαταλείπει το στενό με κατεύθυνση προς τα νότια, κάμπτεται προς τα δεξιά και κινείται νοτιοδυτικά, κατά μήκος των νοτίων ακτών της Σιθρίας και των ακτών των Κουρίλων νήσων. Το ρεύμα αυτό μεταφέρει ποσότητες θαλάσσιου πάγου, δεν μεταφέρει όμως παγόβουνα. Όταν συναντά το Κούρο-σίο, το Όγια-σίο κάμπτεται προς τα νότια και κατόπιν προς τα ανατολικά, ενώ το μεγαλύτερο μέρος του ενώνεται με το Κούρο-σίο και το Ρεύμα του Βόρειου Ειρηνικού. Το βορειότερο τμήμα συνεχίζει να κινείται προς τα ανατολικά και ενώνεται με το ρεύμα των Αλεουτίων που έχει ήδη καμφθεί.

Καθώς το ρεύμα αυτό προσεγγίζει τις δυτικές ακτές της Βόρειας Αμερικής, δυτικά από το νησί Βανκούβερ, ένα μέρος του κάμπτεται προς τα δεξιά και ενώνεται με νερό του ρεύματος του Βόρειου Ειρηνικού, σχηματίζοντας το ρεύμα της Καλιφόρνιας. Ο βορειότερος βραχίονας του ρεύματος των Αλεουτίων κάμπτεται προς κατεύθυνση αντίθετη των δεικτών του ρολογιού και σχηματίζει το **Ρεύμα της Αλάσκας** (Alaska Current), το οποίο ακολουθεί γενικά τις ακτές του Καναδά και της Αλάσκας. Όταν το ρεύμα αυτό φθάνει έξω από τα Αλεούτια νησιά, γίνεται γνωστό με το όνομα **Ρεύμα των Αλεουτίων** (Aleutian Current). Μέρος αυτού του ρεύματος κινείται κατά μήκος της νοτιότερης πλευράς των Αλεουτίων νησιών, μέχρι το μεσημβρινό των 180° περίπου, όπου κάμπτεται προς κατεύθυνση αντίθετη της κινήσεως των δεικτών του ρολογιού και μεταβάλλεται σε ρεύμα ανατολικής κατευθύνσεως, το οποίο ενισχύεται από το βορειότερο τμήμα του ρεύματος Όγια-σίο. Το άλλο τμήμα του ρεύματος των Αλεουτίων κινείται ανάμεσα από διάφορα ανοίγματα της θάλασσας που σχηματίζονται μεταξύ των Αλεουτίων νησιών, προς το εσωτερικό της θάλασσας του Μπέρινγκ. Εδώ κινείται σε μία γενική κατεύθυνση αντίθετη της κινήσεως των δεικτών του ρολογιού. Το μεγαλύτερο μέρος του ενώνεται τελικά με το Όγια-σίο που κινείται προς τα νότια, ενώ το μικρότερο μέρος του κινείται προς τα βόρεια, ανάμεσα από την ανατολική πλευρά του Στενού του Μπέρινγκ, προς το εσωτερικό του Αρκτικού ωκεανού.

Το Νότιο Ισημερινό Ρεύμα εκτείνεται ως προς το εύρος του μεταξύ γεωγραφικού πλάτους 4° Βόρειου και 10° Νότιου και κινείται προς τα δυτικά, από τη Νότια Αμερική μέχρι τον δυτικό Ειρηνικό ωκεανό. Μετά τη διέλευση του ρεύματος από το μεσημβρινό των 180°, το μεγαλύτερο τμήμα του κάμπτεται προς κατεύθυνση αντίθετη της κινήσεως των δεικτών του ρολογιού και εισέρχεται στη θάλασσα των Κοραλίων, κατόπιν δε κάμπτεται περισσότερο απότομα προς τα νότια, κατά μήκος των ανατολικών ακτών της Αυστραλίας, όπου είναι γνωστό σαν **Ρεύμα της Ανατολικής Αυστραλίας** (East Australia

Current). Στην Τασμανική θάλασσα, βορειοανατολικά της Τασμανίας, ενισχύεται με νερό από το ρεύμα, που παρασύρεται από το δυτικό άνεμο νότια της Αυστραλίας. Κάμπτεται στη συνέχεια προς τα νοτιοανατολικά και κατόπιν προς τα ανατολικά, όπου και προοδευτικά βυθίζεται, μαζί με το ρεύμα που παρασύρεται από το δυτικό άνεμο, το οποίο κινείται προς τα ανατολικά, έχει μεγάλο πλάτος, μικρή ταχύτητα και περικυκλώνει την ανταρκτική.

Κοντά στη νοτιότερη εσχατιά της Νότιας Αμερικής το περισσότερο μέρος του Ρεύματος της Ανατολικής Αυστραλίας κινείται προς τα ανατολικά, μέσα στον Ατλαντικό, ένα όμως μέρος του κάμπτεται προς τα αριστερά και κινείται γενικά προς τα βόρεια, κατά μήκος των δυτικών ακτών της Νότιας Αμερικής, με την ονομασία **Ρεύμα του Περού** ή **Ρεύμα Χούμπολτ** (Peru Current ή Humboldt Current). Ορισμένες φορές συναντάται με ένα ρεύμα που έχει διεύθυνση κατ' ευθείαν προς την ξηρά. Στο Λευκό ακρωτήριο περίπου, όπου η ακτή κρημνίζεται προς τα δεξιά, το ρεύμα του Περού κάμπτεται προς τα αριστερά, περνώντας από τα νησιά Γκαλαπάγκος, όπου παίρνει δυτική κατεύθυνση και σχηματίζει εκεί το μεγαλύτερο τμήμα του Νότιου Ισημερινού Ρεύματος, συμπληρώνοντας έτσι την κυκλοφορία του Νότιου Ειρηνικού, με κατεύθυνση αντίθετη της κινήσεως των δεικτών του ρολογιού.

Κατά τη διάρκεια του θέρους στο βόρειο ημισφαίριο ένας ασθενικός βόρειος βραχίονας του Νότιου Ισημερινού Ρεύματος, γνωστός σαν **Ρεύμα Ρόσσελ** (Rossel Current), συνεχίζει να κινείται προς τα δυτικά και βορειοδυτικά, κατά μήκος τόσο των νοτιοτέρων, όσο και των βορειοανατολικότερων ακτών της Νέας Γουϊνέας. Το νοτιότερο τμήμα κινείται μέσα από το στενό Τόρρες, μεταξύ Νέας Γουϊνέας και Αυστραλίας προς το εσωτερικό της θάλασσας Αραφούρα. Εδώ χάνει σταδιακά την εντασή του και ένα τμήμα του κινείται προς τα δυτικά, σαν μέρος του Νότιου Ισημερινού Ρεύματος του Ινδικού ωκεανού, ενώ ένα άλλο τμήμα του, ακολουθώντας τις ακτές της Αυστραλίας, ενώνεται τελικά με το ρεύμα που παρασύρεται από τους δυτικούς ανέμους και που κινείται προς τα ανατολικά. Το βορειότερο τμήμα του Ρεύματος Ρόσσελ κάμπτεται προς κατεύθυνση που έχει την κίνηση των δεικτών του ρολογιού, υποβοηθώντας έτσι στο σχηματισμό του Ισημερινού Αντιρεύματος του Ειρηνικού ωκεανού. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα στο βόρειο ημισφαίριο το Ρεύμα Ρόσσελ αντικαθίσταται από άλλο ρεύμα που κινείται προς τα ανατολικά, με προέλευση τον Ινδικό ωκεανό.

3.8 Τα ρεύματα του Ινδικού ωκεανού (Indian Ocean currents).

Τα ρεύματα του Ινδικού ωκεανού ακολουθούν γενικά το διάγραμμα κινήσεως των ρευμάτων του Ατλαντικού και του Ειρηνικού, αλλά με διαφορές που οφείλονται κυρίως στους μουσόνες και στην περισσότερο περιορισμένη έκταση του θαλασσινού νερού στο βόρειο ημισφαίριο. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα στο βόρειο ημισφαίριο, το **Βόρειο Ισημερινό Ρεύμα** (North Equatorial Current) και το **Νότιο Ισημερινό Ρεύμα** (South Equatorial Current) κινούνται προς τα δυτικά, ενώ το ασθενέστερο **Ισημερινό Αντίρρευμα** (Equatorial Counter Current) κινείται προς τα ανατολικά, μεταξύ αυτών των δύο, όπως συμβαίνει και στον Ατλαντικό ωκεανό, καθώς και στον Ειρηνικό (κάπως όμως νοτιότερα από

τον Ισημερινό). Κατά τη διάρκεια όμως του θέρους στο βόρειο ημισφαίριο τόσο το Βόρειο Ισημερινό Ρεύμα, όσο και το Ισημερινό Αντίρρευμα αντικαθίστανται και τα δύο από το **Ρεύμα των Μουσόνων** (Monsoon Current), το οποίο κινείται προς τα ανατολικά και νοτιοανατολικά, κατά το πλάτος της Αραβικής θάλασσας και του Κόλπου της Βεγγάλης. Κοντά στη Σουμάτρα το ρεύμα αυτό κάμπτεται προς κατεύθυνση που έχει την κίνηση των δεικτών του ρολογιού, και κινείται προς τα δυτικά, ενισχύοντας το Νότιο Ισημερινό Ρεύμα και δημιουργώντας κυκλοφορία νερού που έχει κατεύθυνση και πάλι την ίδια με την κίνηση των δεικτών του ρολογιού, στο βορειότερο τμήμα του Ινδικού ωκεανού.

Καθώς το Νότιο Ισημερινό Ρεύμα προσεγγίζει τις ακτές της Αφρικής, κάμπτεται προς τα νοτιοδυτικά και ένα μέρος του κινείται μέσα από τον πορθμό της Μοζαμβίκης, μεταξύ της Μαδαγασκάρης και της ηπειρωτικής ξηράς, ενώ άλλο μέρος του κινείται κατά μήκος των ανατολικών ακτών της Μαδαγασκάρης. Στο νοτιότερο άκρο της Μαδαγασκάρης τα δύο τμήματα ενώνονται και σχηματίζουν το ισχυρό **Ρεύμα Αγκούλιας** (Agulhas Current), το οποίο είναι ανάλογο προς το ρεύμα του Κόλπου.

Μικρό τμήμα του ρεύματος Αγκούλιας περιβρέχει το νοτιότερο άκρο της Αφρικής και υποβοηθά στο σχηματισμό του ρεύματος Μπενγκουέλα. Το μεγαλύτερο όμως τμήμα του κάμπτεται απότομα προς τα νότια και κατόπιν προς τα ανατολικά και ενώνεται με το ρεύμα που παρασύρεται από τους δυτικούς ανέμους. Η συνένωσή τους σημειώνεται συχνά με θάλασσα που έχει διαταραχές κυματισμού με συγκεχυμένη μορφή. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα στο βόρειο ημισφαίριο το βορειότερο τμήμα αυτού του ρεύματος κάμπτεται προς κατεύθυνση αντίθετη με τη κίνηση των δεικτών του ρολογιού και σχηματίζει το **Ρεύμα της Δυτικής Αυστραλίας** (West Australia Current), το οποίο κινείται προς τα βόρεια, κατά μήκος των δυτικών ακτών της Αυστραλίας. Καθώς διέρχεται από το βορειοδυτικό ακρωτήριο, κάμπτεται και πάλι προς τα βορειοδυτικά και υποβοηθά στο σχηματισμό του Νότιου Ισημερινού Ρεύματος. Κατά τη διάρκεια του θέρους στο βόρειο ημισφαίριο το ρεύμα της Δυτικής Αυστραλίας αντικαθίσταται από ένα ασθενικό ρεύμα που κινείται γύρω από το δυτικότερο τμήμα της Αυστραλίας, σαν προέκταση του νοτιότερου βραχίονα του ρεύματος Ρόσσελ.

3.9. Τα πολικά ρεύματα (Polar currents).

Τα νερά του Βόρειου Ατλαντικού εισέρχονται στον Αρκτικό ωκεανό από τη θαλάσσια περιοχή μεταξύ της Νορβηγίας και της Σπιτσβέργης (Σβάλμπαρντ). Τα ρεύματα κινούνται προς τα ανατολικά, βόρεια των βορείων ακτών της Σιβηρίας, προς την περιοχή της Νοβοσιμπίρσκγιαε Όστροβα, όπου στρέφονται προς τα βόρεια περνώντας κάθετα από την περιοχή του βόρειου πόλου και συνεχίζουν τη ροή τους προς τα νότια, ακολουθώντας τις ακτές της Γροιλανδίας, όπου σχηματίζουν το **Ρεύμα της Ανατολικής Γροιλανδίας** (East Greenland Current). Προς την Αμερικανική πλευρά της αρκτικής θαλάσσιας λεκάνης υπάρχει κάποια ασθενική και συνεχής ροή, με κατεύθυνση προς τη φορά κινήσεως των δεικτών του ρολογιού και με κέντρο κοντά στο σημείο που έχει γεωγραφικό πλάτος 80° B και γεωγραφικό μήκος 150° Δ . Ένα ρεύμα βόρεια

που κινείται μέσα στο στενό του Μπέρινγκ, κατά μήκος των Αμερικανικών ακτών, εξισορροπείται από άλλο ρεύμα που κινείται προς εξωτερική νότια κατεύθυνση, κατά μήκος των ακτών της Σιθηνίας, όπου τελικά μεταβάλλεται σε τμήμα του ρεύματος Όγια-σίο. Κάθε ένα από τα κυριότερα νησιά ή από τις ομάδες νησιών του Αρκτικού ωκεανού φαίνεται ότι έχει κοντά του και γύρω του κάποια παράκτια κυκλοφορία νερού, με κατεύθυνση αντίστοιχη προς την κίνηση των δεικτών του ρολογιού, από όσα τουλάχιστον είναι μέχρι σήμερα γνωστά. Η θάλασσα Μπάρεντς, η θάλασσα Καρά, καθώς και η Ιαπωνική θάλασσα, έχει η κάθε μία γύρω της ασθενική κυκλοφορία νερού, με κατεύθυνση αντίθετη προς την κίνηση των δεικτών του ρολογιού. Παρόμοιο αλλά ασθενέστερο σύστημα ρευμάτων, με κατεύθυνση και πάλι αντίθετη προς την κίνηση των δεικτών του ρολογιού, φαίνεται ότι υπάρχει στη θάλασσα της Ανατολικής Σιθηνίας.

Στην Ανταρκτική η κυκλοφορία του νερού γίνεται γενικά από τα δυτικά προς τα ανατολικά, σαν ρεύμα που έχει μεγάλο πλάτος και που κινείται όμως αργά, επεκτεινόμενο εντελώς γύρω από την Ανταρκτική. Το ρεύμα αυτό ονομάζεται **Ρεύμα που παρασύρεται από τους Δυτικούς Ανέμους** (West Wind Drift), παρά το γεγονός ότι σχηματίζεται κατά ένα μόνο μέρος του από τους δυτικούς ανέμους που επικρατούν στην περιοχή, ενώ κατά το άλλο οφείλεται σε διαφορές πυκνότητας του νερού στην περιοχή αυτή. Το ρεύμα αυτό ενισχύεται από το ρεύμα της Βραζιλίας και το ρεύμα των Φώκλαντ στον Ατλαντικό, το ρεύμα της Ανατολικής Αυστραλίας στον Ειρηνικό και το ρεύμα Αγκούλιας στον Ινδικό ωκεανό. Σαν ανταπόδοση αυτής της ενισχύσεως, ένα μέρος του κάμπτεται προς τα βόρεια και σχηματίζει το Ρεύμα του Ακρωτηρίου Χορν, το Ρεύμα Φώκλαντ και το μεγαλύτερο μέρος του ρεύματος Μπενγκουέλα στον Ατλαντικό, το Ρεύμα του Περού στον Ειρηνικό, καθώς και το Ρεύμα της Δυτικής Αυστραλίας στον Ινδικό ωκεανό.

3.10 Ωκεάνεια ρεύματα και κλίμα.

Τα περισσότερα ωκεάνεια ρεύματα ασκούν αξιόλογη επίδραση στο κλίμα των παρακτίων περιοχών, κατά μήκος των οποίων κινούνται. Έτσι το θερμό νερό του Ρεύματος του Κόλπου που συνεχίζει να κινείται σαν Ρεύμα του Βόρειου Ατλαντικού, Βορειοανατολικό Παρασυρόμενο Ρεύμα και Ρεύμα Ίρμινγκερ, φθάνει έξω από τις νοτιοδυτικές ακτές της Ισλανδίας και τις θερμαίνει σε τόσο μεγάλο βαθμό, ώστε το Ρέικιαβικ να έχει υψηλότερη μέση θερμοκρασία το χειμώνα, από την αντίστοιχη θερμοκρασία της Νέας Υόρκης, και μάλιστα μέχρι μακριά, προς τα νότια της. Η Μεγάλη Βρετανία και το Λαμπραντόρ βρίσκονται περίπου στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος, αλλά το κλίμα της πρώτης είναι κατά πολύ ηπιότερο, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας των ρευμάτων. Οι δυτικές ακτές των Ηνωμένων Πολιτειών ψυχραίνονται το καλοκαίρι από το Ρεύμα της Καλιφόρνιας, ενώ θερμαίνονται το χειμώνα από το Ρεύμα Ντάβιντσον. Σαν αποτέλεσμα αυτών των συνθηκών, κατά ένα ποσοστό, η τιμή αποκλίσεως της μέσης θερμοκρασίας κάθε μήνα είναι συγκριτικά μικρή.

Τα ρεύματα ασκούν και άλλες επιδράσεις, εκτός από εκείνες που έχουν σχέση με τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας. Το διάγραμμα της ατμοσφαιρικής

πιέσεως επηρεάζεται ουσιαστικά, επειδή ο αέρας που πνέει επάνω σε ένα ψυχρό ρεύμα συστέλλεται, καθώς ψύχεται, ενώ ο αέρας που πνέει επάνω σε θερμό ρεύμα διαστέλλεται. Όταν ο αέρας ψύχεται επάνω σε ένα ψυχρό ωκεάνιο ρεύμα, είναι πιθανό να σχηματισθεί ομίχλη. Ο παγωμένος καπνός που αποτελεί επίσης μορφή ομίχλης, επικρατεί κυρίως επάνω σε κάποιο θερμό ρεύμα, το οποίο κινείται προς το εσωτερικό κάποιας ψυχρής περιοχής. Η εξάτμιση του θερμού νερού είναι μεγαλύτερη από την εξάτμιση του ψυχρού.

Με αυτούς, καθώς και με άλλους τρόπους, το κλίμα της γης βρίσκεται σε άμεση συνάρτηση προς τα ωκεάνεια ρεύματα, παρά το γεγονός ότι άλλοι παράγοντες, όπως η τοπογραφία και οι άνεμοι που επικρατούν, έχουν επίσης μεγάλη σπουδαιότητα για τη διαμόρφωση των διαφόρων κλιματολογικών συνθηκών.

Βιβλιογραφία

Stream Drift Chart of the World—January. Defense Mapping Agency Hydrographic Center Pilot Charts (various editions).

Stream Drift Chart of the World—July. Defense Mapping Agency Hydrographic Center Pilot Charts (various editions).

Sverdrup, H. U., M. W. Johnson, and R. H. Fleming. *The Oceans, Their Physics, Chemistry and General Biology.* New York, Prentice-Hall, 1942.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

ΩΚΕΑΝΕΙΑ ΚΥΜΑΤΑ

4.1 Εισαγωγή.

Οι διακυμάνσεις της επιφάνειας του νερού της θάλασσας, οι εξάρσεις της, ονομάζονται **κύματα** (waves). Τα κύματα αποτελούν ίσως το ευρύτερα παρατηρημένο θαλάσσιο φαινόμενο, πιθανώς όμως το ελάχιστο κατανοητό από το μέσο ναυτικό. Ο ναυτιλλόμενος, γνωρίζοντας τους βασικούς παράγοντες που το δημιουργούν, είναι ικανός να το χρησιμοποιήσει προς οφέλος του, είτε για να αποφύγει επικίνδυνες καταστάσεις είτε για να ενεργήσει με τον ελάχιστο δυνατό κίνδυνο, αν οι επικίνδυνες αυτές καταστάσεις δεν είναι δυνατόν να αποφευχθούν.

4.2 Αίτια που προκαλούν τα κύματα.

Τα κύματα στην επιφάνεια της θάλασσας προκαλούνται κυρίως από τον άνεμο, πλην όμως και άλλοι παράγοντες, όπως οι υποβρύχιοι σεισμοί, οι εκρήξεις των ηφαιστειών, καθώς και η παλίρροια, αποτελούν αιτίες δημιουργίας τους. Αν ένας πολύ ελαφρός άνεμος, εντάσεως μικρότερης από 2 κόμβους, αρχίσει να φυσά κάθετα προς την επιφάνεια του ήρεμου νερού, σχηματίζονται σχεδόν στιγμιαία πολύ μικρά κύματα που ονομάζονται **ρυτιδώσεις του νερού** (ripples). Όταν ο ελαφρός άνεμος σταματήσει, οι ρυτιδώσεις εξαφανίζονται τόσο ξαφνικά, όπως ξαφνικά είχαν σχηματισθεί, και η επίπεδη επιφάνεια της θάλασσας αποκαθίσταται, λόγω της τάσεως του νερού να σχηματίζει τέτοια επιφάνεια. Αν η ταχύτητα του ανέμου υπερβεί τους 2 κόμβους, σχηματίζονται προοδευτικά περισσότερο σταθερά **κύματα βαρύτητας** (gravity waves), τα οποία και αναπτύσσονται ακόμη περισσότερο με την αύξηση της εντάσεως του ανέμου.

Κατά τη διάρκεια που πνέει ο άνεμος, ο κυματισμός που δημιουργείται είναι δυνατό να χαρακτηριστεί σαν **θαλασσοταραχή** ή **τρικυμία** (sea). Όταν ο άνεμος κοπάσει ή αλλάξει κατεύθυνση, ο κυματισμός που εξακολουθεί να υπάρχει και που δεν οφείλεται όμως σε άλλους τοπικούς ανέμους λέγεται **αποθαλασσία** ή **βουθό κύμα** (swell).

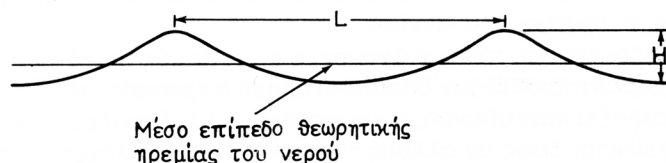
Η κατεύθυνση των κυμάτων δεν παρουσιάζει αξιόλογη απόκλιση λόγω της περιστροφής της γης. Αντίθετα δηλαδή με τον άνεμο και τα ρεύματα, των

οποίων η κατεύθυνση αποκλίνει λόγω αυτής της αιτίας, τα κύματα κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση, προς την οποία κινείται και ο άνεμος που τα δημιουργεί. Όταν παύσει ο άνεμος, τόσο οι τριβές των μορίων του νερού, όσο και η διασπορά τους, προκαλούν ελάττωση του ύψους των κυμάτων ή **πτώση του κυματισμού** (attenuation), καθώς τα κύματα κινούνται στην επιφάνεια της θάλασσας. Η ελάττωση όμως γίνεται τόσο αργά, ώστε να συνεχίζεται ο κυματισμός σαν αποθαλασσία, μέχρις ότου φθάσει σε κάποιο εμπόδιο, όπως για παράδειγμα η ακτή.

Η Κεντρική Αριθμομετρική Μετεωρολογική Υπηρεσία του Στόλου των Ηνωμένων Πολιτειών (Fleet Numerical Weather Central) που εδρεύει στο Μοντερέυ της Καλιφόρνιας παρέχει συνοπτικές αναλύσεις και προγνώσεις των υψών των ωκεανείων κυμάτων, χρησιμοποιώντας φασματογραφικό αριθμητικό μοντέλο. Οι πληροφορίες που παρέχονται σχετικά με τα κύματα ισχύουν ως προς τα ύψη και τις κατευθύνσεις τους σε διάφορες χρονικές περιόδους και σε διάφορα μήκη κύματος. Το μοντέλο δημιουργεί και μεταδίδει κυματική ενέργεια. Η επαλήθευση είναι πολύ καλή. Οι πληροφορίες από το μοντέλο δίνονται στο Πολεμικό Ναυτικό των Ηνωμένων Πολιτειών σε τακτική βάση ρουτίνας και αποτελούν κύριο στοιχείο εισόδου στο Πρόγραμμα Παρακολούθησης Ιχών Δρομολογίων Πλοίων (Track Ship Routing Program).

4.3 Χαρακτηριστικά των κυμάτων.

Τα ωκεάνεια κύματα μοιάζουν αρκετά με το σχήμα του ανεστραμμένου **κυκλοειδούς** (cycloid), το οποίο σχηματίζεται από ένα σημείο που βρίσκεται μέσα στον κύκλο ενός τροχού, καθώς περιστρέφεται κατά μήκος επίπεδης επιφάνειας. Το σχήμα αυτό φαίνεται στο σχέδιο 4.3α. Τα υψηλότερα τμήματα των κυμάτων ονομάζονται **κορυφές** (crests), ενώ τα χαμηλότερα που μεσολαμβάνουν, ονομάζονται **κοιλίες** (troughs). Επειδή οι κορυφές είναι περισσότερο απότομες, πιο οξείες, και πιο στενές από τις κοιλίες, το μέσο επίπεδο της θεωρητικής ηρεμίας του νερού της θάλασσας βρίσκεται λίγο χαμηλότερα από το μέσο της αποστάσεως μεταξύ των κορυφών και κοιλιών. Η κατακόρυφη απόσταση, μεταξύ κορυφής και κοιλιάς, ονομάζεται **ύψος κύματος** (wave height) και σημειώνεται με το γράμμα H στο σχήμα 4.3α. Η οριζόντια απόσταση μεταξύ διαδοχικών κορυφών μετριέται κατά την κατεύθυνση που ταξιδεύει το κύμα και λέγεται **μήκος κύματος** (wave length) (γράμμα L στο σχήμα). Το χρονικό διάλειμμα μεταξύ διελεύσεως διαδοχικών κορυφών από κάποιο ακίνητο σημείο ονομάζεται **περίοδος κύματος** (P) (wave period). Το ύψος, το μήκος και η



Σχ. 4.3α.

Ένα τυπικό θαλάσσιο κύμα.

περίοδος του κύματος εξαρτώνται από έναν αριθμό παραγόντων, όπως ενδεικτικά είναι η ταχύτητα του ανέμου, η διάρκειά του καθώς και η **έκταση της επιφάνειας**, επάνω στην οποία πνέει (fetch) (η κατ' ευθείαν δηλαδή απόσταση, στην οποία ο άνεμος κινείται επάνω στην επιφάνεια της θάλασσας). Ο πίνακας 4.3.1 δείχνει τη σχέση που υπάρχει μεταξύ ταχύτητας ανέμου, εκτάσεως της επιφάνειας πνοής του, διάρκειας πνοής, ύψους κύματος και περιόδου του κύματος, σε περιοχή που έχει βαθιά νερά.

Αν το βάθος του νερού είναι μεγαλύτερο από το μισό του μήκους του κύματος (L), το μήκος αυτό σε πόδια σχετίζεται με την περίοδο του κύματος (P) σε δευτερόλεπτα, με το τύπο:

$$L = 5,12P^2$$

Η πραγματική τιμή έχει βρεθεί ότι είναι λίγο μικρότερη από αυτή που παρατηρείται στην αποθαλασσία και περίπου τα $\frac{2}{3}$ του μήκους που έχει προσδιορισθεί με αυτόν τον τύπο για τη θαλασσοταραχή. Όταν τα κύματα εγκαταλείπουν την περιοχή στην οποία δημιουργήθηκαν και συνεχίζουν να κινούνται ελεύθερα, το μήκος του κύματος και η περίοδος του εξακολουθούν να αυξάνουν, ενώ το ύψος τους ελαττώνεται. Η τιμή μεταβολής ελαττώνεται προοδευτικά.

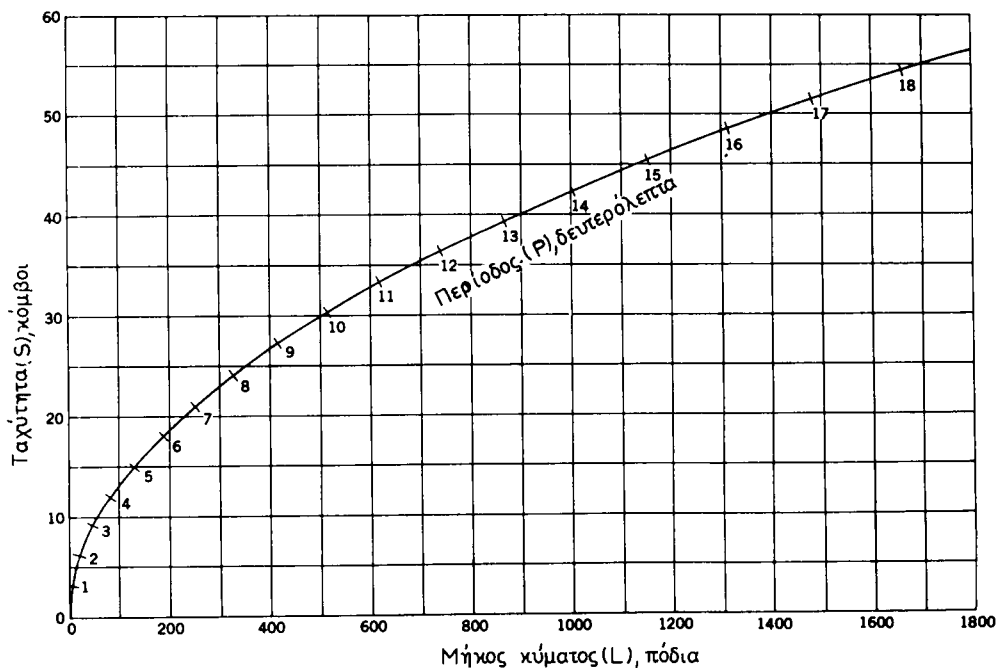
Η ταχύτητα (S) ενός ελεύθερου κύματος σε περιοχή με βαθιά νερά είναι σχεδόν ανεξάρτητη από το ύψος του ή από την οξύτητά του. Για την αποθαλασσία η σχέση της ταχύτητας σε κόμβους προς την περίοδο (P) σε δευτερόλεπτα, παρέχεται από τον τύπο:

$$S = 3,03 P$$

Η σχέση αυτή για θαλασσοταραχή δεν είναι γνωστή. Η θεωρητική σχέση μεταξύ ταχύτητας, μήκους κύματος και περιόδου φαίνεται στο σχήμα 4.3β. Καθώς τα κύματα εξακολουθούν να κινούνται μακριά από την περιοχή στην οποία δημιουργήθηκαν, η περίοδος, το μήκος κύματος και η ταχύτητα, παραμένουν τα ίδια. Επειδή όμως τα κύματα της κάθε περιόδου έχουν διαφορετικές ταχύτητες, η κατάταξή τους σε κάποια περίοδο τείνει να πραγματοποιηθεί, καθώς κινούνται μακριά από την περιοχή, στην οποία δημιουργήθηκαν, όπου δηλαδή επικρατούν περισσότερο σταθερές συνθήκες ως προς τον άνεμο και συνεπώς περισσότερο σταθερή ταχύτητα, άρα και περίοδος. Τα κύματα με μακρύτερες περιόδους κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα και προπορεύονται των κυμάτων που έχουν μικρότερη περίοδο και μικρότερη ταχύτητα. Σε αποστάσεις όμως αρκετά μεγάλες από την περιοχή της θύελλας, τα κύματα θα ταξινομηθούν πλέον σε ομάδες με βάση την περίοδο.

Όλα τα κύματα εξασθενούν καθώς μεταδίδονται, τα κύματα όμως μικρής περιόδου εξασθενούν γρηγορότερα και μάλιστα κατά τέτοιο τρόπο, ώστε σε μακρινή απόσταση από τη θύελλα να παραμένουν μόνο τα κύματα που έχουν το μεγαλύτερο μήκος.

Ο χρόνος που απαιτείται, για να κινηθεί ένα σύστημα κυμάτων ή και μια ομάδα ή σειρά, όπως ονομάζεται, σε κάποια απόσταση, είναι **διπλάσιος** από



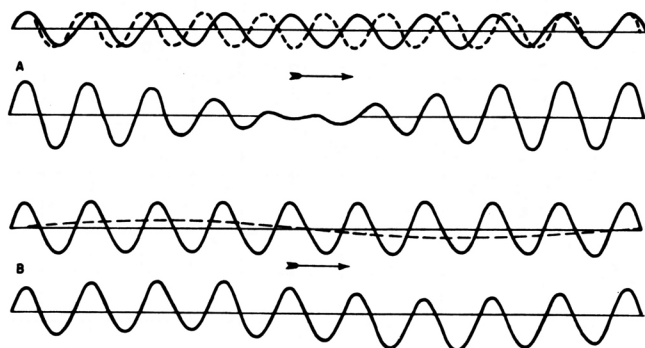
Σχ. 4.38.

Σχέση μεταξύ ταχύτητας, μήκους και περιόδου των κυμάτων, σε περιοχή με βαθιά νερά, που βασίζεται στη θεωρητική σχέση μεταξύ περιόδου και μήκους.

εκείνον που προσδιορίζεται από την ταχύτητα μεταδόσεως των μεμονωμένων κυμάτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι το προπορευόμενο κύμα εξαφανίζεται σταδιακά, μεταφέροντας την ενέργειά του στα κύματα που διαδοχικά το ακολουθούν. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται από κάθε διαδοχικά προπορευόμενο κύμα, με τέτοια μάλιστα τιμή μεταβολής της ταχύτητας, ώστε το **σύστημα** κυμάτων να προπορεύεται τελικά με τη **μισή** ταχύτητα μεταδόσεως των **μεμονωμένων** κυμάτων. Τη διαδικασία αυτή μπορούμε να παρατηρήσουμε στο πρωραίο κύμα ενός σκάφους. Η ταχύτητα μετακινήσεως μιας ομάδας κυμάτων ονομάζεται **ταχύτητα της ομάδας κυμάτων** (group velocity).

Λόγω της ταυτόχρονης υπάρξεως πολλών ανεξαρτήτων συστημάτων κυμάτων, η επιφάνεια της θάλασσας αποκτά σύνθετη και αντικανονική διαγραμματική μορφή. Επειδή ακόμη τα μακρύτερα κύματα προσπερνούν τα κύματα μικρότερου μήκους, η παρέμβαση που προκαλείται προστίθεται στην όλη περίπλοκη εικόνα. Η διαδικασία της παρεμβάσεως απεικονίζεται στο σχήμα 4.3γ και επαναλαμβάνεται πολλές φορές στη θαλασσοταραχή, αποτελεί δε τον κυριότερο λόγο εξαιτίας του οποίου τα κύματα που ακολουθούν διαδοχικά δεν έχουν μεταξύ τους το ίδιο ύψος. Η αντικανονικότητα της μορφής της επιφάνειας της θάλασσας τονίζεται ίσως ακόμη περισσότερο από την παρουσία συστημάτων κυμάτων, τα οποία διασταυρώνονται με γωνία δημιουργώντας έτσι

ανυψώσεις που φθάνουν σχεδόν το μεγαλύτερο ύψος τους σαν κορυφές, ενώ μεταξύ τους ακολουθεί ασθενέστερος κυματισμός με μικρότερα ύψη, το **μετακύμα**.



Σχ. 4.3γ.
Παρέμβαση.

Το ανώτερο τμήμα του Α' δείχνει δύο κύματα ίσου ύψους και σχεδόν ίσου μήκους που ταξιδεύουν προς την ίδια κατεύθυνση. Το κατώτερο τμήμα του δείχνει το διάγραμμα κύματος που προκαλείται. Στο Β υπάρχει παρόμοια πληροφορία για κύματα μικρού μήκους και μεγάλης αποθαλασσίας.

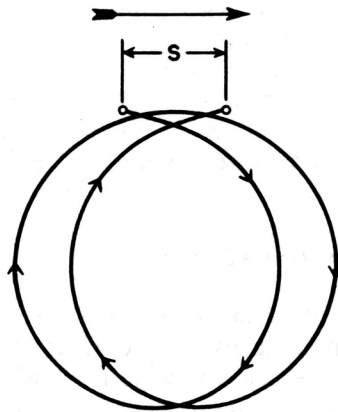
Ο ναυτιλλόμενος αναφέροντας ύψη κυμάτων μέσης τιμής έχει την τάση να αμελεί να λαμβάνει υπόψη του τα χαμηλότερα.

Έχει βρεθεί ότι η τιμή που αναφέρεται είναι περίπου μία μέση τιμή μικρότερη από τα πιο υψηλά κύματα κατά ένα τρίτο, ενώ η διαφορά θα έπρεπε να ήταν κάπως μεγαλύτερη. Το ύψος πάντως αυτού του κύματος που αναφέρεται ονομάζεται μερικές φορές και **σημαντικό**. Η σχέση μεταξύ αυτού του ύψους και των άλλων υψών κατά προσέγγιση είναι η εξής:

Κύμα	Σχετικό ύψος
Μέσης τιμής	0,64
Σημαντικό	1,00
Το 10% των πλέον υψηλών	1,29
Το πλέον υψηλό κύμα	1,87

4.4 Διαδρομή των μορίων του νερού σε ένα κύμα.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.4, ένα μόριο νερού της επιφάνειας του ωκεανού ακολουθεί κάπως κυκλική τροχιά, καθώς διέρχεται από αυτό κάποιο κύμα, πλην όμως το μόριο μετακινείται πολύ λίγο κατά την κατεύθυνση μετακίνησης του κύματος. Το κοινό κύμα που δημιουργεί αυτή τη δράση ονομάζεται **κύμα ταλαντώσεως** (oscillatory wave). Καθώς η κορυφή του κύματος ταλαντώσεως περνά από το μόριο, το κύμα μετακινείται προς τα εμπρός, δίνοντας έτσι την



Σχ. 4.4.

Τροχιακή κίνηση και εκτόπιση (S) ενός μορίου νερού σε επιφάνεια βαθέων υδάτων κατά τη διάρκεια περιόδων δύο κυμάτων.

εντύπωση ότι και το νερό κινείται μαζί του. Μόλις η κοιλιά της ταλαντώσεως περάσει από το μόριο, η κίνηση πραγματοποιείται αυτή τη φορά προς αντίθετη κατεύθυνση. Η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς ελαττώνεται με την αύξηση του βάθους και προσεγγίζει στο μηδέν, σε βάθος ίσο περίπου με το ήμισυ του μήκους κύματος. Σε αβαθή νερά η τροχιά γίνεται περισσότερο ελλειπτική και στα πολύ αβαθή, όπως στην παραλία, η κατακόρυφη κίνηση εξαφανίζεται σχεδόν εντελώς.

Επειδή η ταχύτητα του κύματος είναι μεγαλύτερη στην κορυφή της τροχιάς παρά στο κάτω μέρος του, το μόριο του νερού δεν βρίσκεται ακριβώς στο αρχικό σημείο που ήταν πριν από τη διέλευση του κύματος, αλλά έχει μετακινηθεί ελαφρά προς την κατεύθυνση κινήσεως του κύματος. Εντούτοις, επειδή αυτή η προώθηση είναι μικρή σε σχέση με την κατακόρυφη εκτόπιση, κάποιο αντικείμενο που επιπλέει ανυψώνεται και βυθίζεται με τη διέλευση του κύματος, μετακινείται όμως λίγο από την αρχική του θέση. Αν αυτό δεν συνέβαινε και το μόριο του ύδατος μετακινιόταν περισσότερο, κάθε βραδύκινητο σκάφος θα αντιμετώπιζε ίσως σημαντική δυσκολία σε πορεία του αντίθετη προς τη μετακίνηση του κύματος. Στο σχήμα 4.4 η εκτόπιση προς τα εμπρός είναι κατά πολύ μεγαλύτερη.

4.5 Επιδράσεις των ρευμάτων στα κύματα.

Το ρεύμα που ακολουθεί τα κύματα αυξάνει το μήκος τους και ελαττώνει το ύψος τους. Το αντίθετο ρεύμα προς την κατεύθυνση κινήσεως των κυμάτων ασκεί την αντίθετη επίδραση, ελαττώνει δηλαδή το μήκος και αυξάνει το ύψος τους. Το ρεύμα που έχει αντίθετη επίσης κατεύθυνση, αλλά είναι ισχυρό, είναι δυνατό να προκαλέσει θραύση των κυμάτων. Η έκταση, μέχρι την οποία πραγματοποιούνται κυματικές εναλλαγές, εξαρτάται από την αναλογία μεταξύ

της ταχύτητας του κύματος στο μέσο επίπεδο της θεωρητικής ηρεμίας του νερού και της ταχύτητας του ρεύματος.

Τα ωκεάνεια ρεύματα που έχουν μέτρια ένταση και ρέουν με οξεία γωνία προς την κατεύθυνση του κύματος φαίνεται ότι ασκούν μικρή επίδραση. Τα ισχυρά όμως παλιρροιακά ρεύματα, τα οποία κινούνται κάθετα προς την κατεύθυνση μεταδόσεως συστήματος κυμάτων, έχει παρατηρηθεί ότι κατατρέφουν τα κύματα εντελώς σε σύντομο χρονικό διάστημα.

4.6 Η επίδραση του πάγου στα κύματα.

Όταν σχηματίζονται κρύσταλλοι πάγου στο θαλάσσιο νερό, η εσωτερική τριβή του μορίου του νερού αυξάνεται πάρα πολύ. Η τριβή αυτή έχει σαν αποτέλεσμα να ηρεμεί η επιφάνεια του νερού. Η επίδραση του πάγου που έχει καλύψει μεγάλες επιφάνειες του νερού είναι ακόμη περισσότερο έντονη. Ένα πλοίο που ακολουθεί πορεία μέσα από τέτοιους πάγους, ταξιδεύει ουσιαστικά μέσα σε ήρεμη θάλασσα, ακόμη και αν επικρατεί θύελλα και η θαλασσοταραχή προσκρούει στο εξωτερικό χείλος της επιφάνειας του πάγου. Το χαλάζι είναι επίσης αποτελεσματικό στο να ηρεμεί τη θάλασσα, ακόμη και αν πέφτει με δυνατό άνεμο.

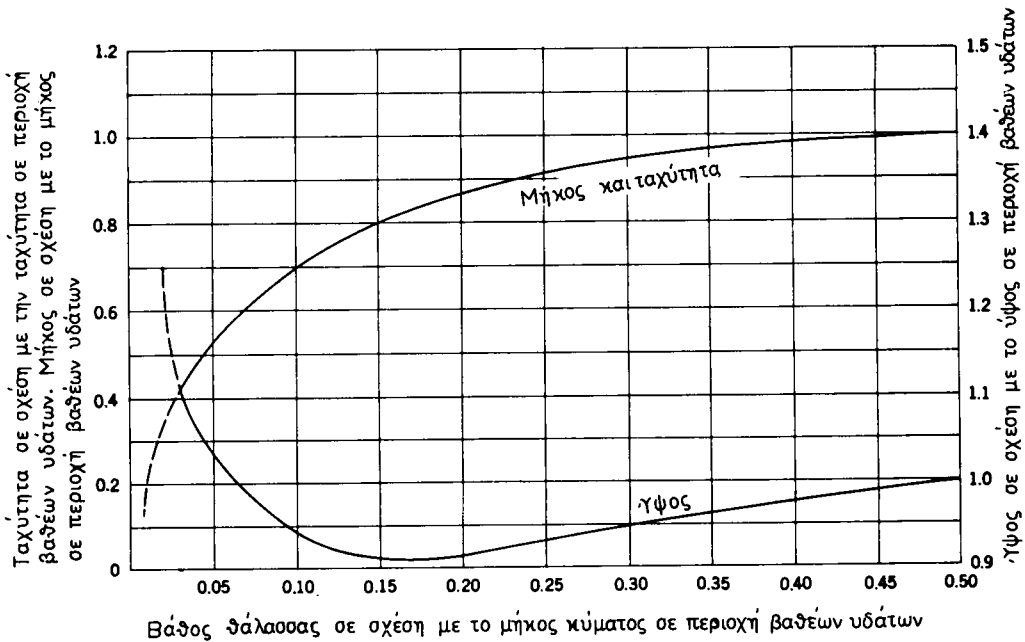
4.7 Κύματα και αβαθή νερά.

Όταν κάποιο κύμα συναντά αβαθή, ρηχά, νερά, η κίνηση των ανεξαρτήτων μορίων του νερού περιορίζεται από την επιφάνεια του βυθού, με αποτέλεσμα την μείωση της ταχύτητας του κύματος. Στα βαθιά νερά η ταχύτητα του κύματος εξαρτάται από την περίοδο, στα αβαθή όμως η ταχύτητα του κύματος εξαρτάται από το βάθος της θάλασσας. Όσο ρηχότερο είναι το νερό, τόσο μικρότερη είναι η ταχύτητα του κύματος. Καθώς η ταχύτητα του κύματος ελαττώνεται, η περίοδος παραμένει η ίδια, αλλά το μήκος κύματος γίνεται βραχύτερο. Επειδή όμως η ενέργεια των κυμάτων παραμένει επίσης η ίδια, η ελάττωση των μηκών έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των υψών τους. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **εκβάθυνση (βάθωμα)** του κύματος ή διαδικασία κυματισμού λόγω αβαθών (shoaling). Αν το κύμα προσεγγίζει τα αβαθή νερά υπό γωνία, κάθε μέρος του ελαττώνει την ταχύτητά του σταδιακά, διαδοχικά, καθώς το βάθος ελαττώνεται. Έτσι προκαλείται μεταβολή της κατευθύνσεως της κινήσεως των κυμάτων ή **διάθλαση (refraction)**, τα δε κύματα τείνουν να γίνουν παράλληλα προς τις ισοβαθείς. Η επίδραση αυτή είναι παρόμοια με τη διάθλαση του φωτός και άλλων μορφών ακτινοβολίας της ενέργειας.

Καθώς η ταχύτητα κάθε κύματος ελαττώνεται, το επόμενο κύμα που βρίσκεται πίσω του τείνει να το καταφθάσει. Με την ελάττωση επίσης του μήκους του κύματος, το ύψος του γενικά γίνεται μεγαλύτερο. Το χαμηλότερο τμήμα ενός κύματος, ειδικά βρίσκεται πιο κοντά στο βυθό, έχει μικρότερη ταχύτητα από το τμήμα της κορυφής. Η διαφορά αυτή έχει ίσως σαν αποτέλεσμα να καθιστά το κύμα ασταθές, οπότε η κορυφή του, η οποία κινείται ταχύτερα, γκρεμίζεται ή **θραύεται (breaking)**. Ένα τέτοιο κύμα ονομάζεται κύμα που θραύεται ή **κύμα θραύσεως, ή ανάρρους (breaker)**, η δε σειρά παρομοίων κυμάτων ονομάζεται **κυματογή (surf)**. Το θέμα αυτό καλύπτεται με μεγαλύτε-

ρες λεπτομέρειες στο κεφάλαιο 5.

Η αποθαλασσία που περνά επάνω από αβαθή νερά, χωρίς να θραυσθεί, ελαττώνεται ως προς το μήκος των κυμάτων της και την ταχύτητά τους και αυξάνεται ως προς το ύψος τους. Αυτή η *επίγεια αποθαλασσία* (ground swell), όπως περιφραστικά ονομάζεται, προκαλεί πιθανόν μεγάλο διατοιχισμό (μπότζι) του πλοίου, αν έχει κατεύθυνση προς το εγκάρσιό του, κάθετα δηλαδή προς αυτό και αν η περίοδος των κυμάτων είναι η ίδια περίπου με την περίοδο διατοιχισμού του πλοίου. Μεγάλος διατοιχισμός παρατηρείται τότε, ακόμη και στην περίπτωση που η θάλασσα φαίνεται σχετικά ήρεμη. Το σχήμα 4.7 απεικονίζει την κατά προσέγγιση εναλλαγή των χαρακτηριστικών των κυμάτων, καθώς κινούνται κάθετα σε αβαθή περιοχή (ρηχά).



Σχ. 4.7.

Εναλλαγή των χαρακτηριστικών των κυμάτων, καθώς κινούνται κάθετα μιας περιοχής ρηχών νερών (αβαθή).

4.8 Ενέργεια των κυμάτων.

Η δυναμική ενέργεια ενός κύματος έχει σχέση με την κατακόρυφη απόσταση κάθε μορίου του νερού από το μέσο επίπεδο θεωρητικής ηρεμίας του και συνεπώς μεταβάλλεται με την κίνηση του κύματος. Αντίθετα η κινητική ενέργεια ενός κύματος έχει σχέση με την ταχύτητα των μορίων και διανέμεται εξίσου ομαλά κατά μήκος ολόκληρου του κύματος.

Η ποσότητα της κινητικής ενέργειας, ακόμη και κάποιου μέτριου κύματος, είναι τρομακτική. Ένα κύμα 4 ποδών και 10 δευτερολέπτων που προσκρούει

στην ακτή εφαρμόζει ισχύ μεγαλύτερη από 35 000 ίππους σε κάθε μίλι μήκους της παραλίας. Για κάθε 56 μίλια ακτής η ενέργεια που εφαρμόζεται είναι ίση με την ισχύ που παράγεται στο φράγμα του Χούβερ. Αύξηση της θερμοκρασίας του νερού στη σχετικά στενή **ζώνη της κυματωγής** (surf zone) επάνω στη οποία εφαρμόζεται αυτή η ενέργεια, θα φαινόταν ενδεικτική της μεγάλης ισχύος. Εντούτοις δεν έχει μετρηθεί σαφής αύξηση. Προφανώς οποιαδήποτε θερμοκρασία που ενδεχομένως δημιουργείται, διασκορπίζεται προς τα βαθύτερα νερά, πέρα από την ζώνη της κυματωγής.

4.9 Μετρήσεις κύματος πάνω στο πλοίο.

Με κατάλληλο εξοπλισμό σε συσκευές και με επαρκή εκπαίδευση μπορούν να μετρηθούν από κάποιον, με αξιόλογη αξιοπιστία, το ύψος, το μήκος, η περίοδος και η ταχύτητα των κυμάτων. Και όμως οι εκτιμήσεις του ναυτιλλόμενου ως προς το ύψος και μήκος του κύματος συνήθως περιέχουν σχετικώς μεγάλα λάθη. Υπάρχει τάση να υποεκτιμούνται τα ύψη των χαμηλών κυμάτων και να υπερεκτιμούνται των υψηλών. Υπάρχει μεγάλος αριθμός καταμετρήσεων κυμάτων με 75-80 πόδια ύψος ή και ακόμη υψηλών, παρά το γεγονός ότι κύματα υψηλότερα από 55 πόδια είναι πολύ σπάνια. Το μήκος κύματος υποεκτιμάται συνήθως. Οι κινήσεις του πλοίου, από το οποίο πραγματοποιούνται οι μετρήσεις, ίσως συντελούν στη διάπραξη τέτοιων σφαλμάτων.

Ύψος

Η μέτρηση του ύψους του κύματος είναι ιδιαίτερα δύσκολη. Ένας μικροβαρογράφος μπορεί να χρησιμοποιηθεί, αν το μήκος του κύματος είναι αρκετά μεγάλο, ώστε να επιτρέψει στο σκάφος που κάνει τις μετρήσεις, να κινηθεί επάνω στο κύμα αυτό, ακολουθώντας την άνοδο και την κάθοδό του. Αν τα κύματα προσεγγίζουν το πλοίο από κατάπλωρα ή κατάπρυμα, απαιτείται μήκος κύματος που να είναι τουλάχιστον διπλάσιο από το μήκος του σκάφους. Για την πραγματοποίηση μετρήσεων με την πιο μεγάλη ακρίβεια πρέπει να τοποθετείται η συσκευή στο κέντρο του διατοιχισμού και προνευστασμού (σκαμπανεβάσματος) του πλοίου, ώστε να ελαχιστοποιούνται έτσι οι επιδράσεις αυτών των κινήσεων. Το ύψος του κύματος μπορεί συχνά να εκτιμηθεί με αξιόλογη ακρίβεια, αν συγκριθεί με την κατακόρυφη απόσταση του σκάφους, αυτή δηλαδή που περιλαμβάνεται μεταξύ του υψηλότερου στεγανού καταστρώματός του και της ισάλου γραμμής, αν μετρηθεί στο μέσο περίπου του πλοίου. Η μέτρηση αυτή είναι λιγότερο ακριβής, όταν αυξάνει το ύψος του κύματος και η κίνηση του σκάφους. Αν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα τέτοιο σημείο παρατηρήσεως επάνω στο πλοίο, ώστε η κορυφή του κύματος να συμπίπτει με τη γραμμή του ορίζοντα, όταν ο παρατηρητής βρίσκεται στην κοιλιά του κύματος, τότε το ύψος του κύματος είναι βεβαίως ίσο με το ύψος του οφθαλμού. Αν όμως το σκάφος βρίσκεται σε διατοιχισμό ή προνευστασμό, ο προσδιορισμός του ύψους του κύματος τη στιγμή της παρατηρήσεως ίσως είναι δύσκολος. Το ύψος του κύματος τη στιγμή της παρατηρήσεως ίσως είναι δύσκολος.

Το μεγαλύτερο ύψος κύματος που έχει ποτέ αναφερθεί με αξιοπιστία είναι 112 πόδια και έχει παρατηρηθεί από το πλοίο του Αμερικανικού Ναυτικού **Ραμόπο** το 1933.

Μήκος.

Οι διαστάσεις του σκάφους παρατηρήσεως μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του μήκους κύματος. Υπεισέρχονται σφάλματα, λόγω της προοπτικής γωνίας παρατηρήσεως του σχεδίου των κυμάτων από τον παρατηρητή που βρίσκεται επάνω στο πλοίο, καθώς και λόγω της αναταραχής αυτού του σχεδίου από την κίνηση του πλοίου. Τα σφάλματα ελαχιστοποιούνται, αν οι παρατηρήσεις γίνουν από σημείο του πλοίου που έχει το μεγαλύτερο δυνατό ύψος. Τα καλύτερα αποτελέσματα επιτυγχάνονται, αν η θάλασσα καταφθάνει το πλοίο κατάπλωρα ή κατάπρυμα.

Περίοδος.

Αν η κίνηση επάνω στα κύματα του σκάφους παρατηρήσεων επιτρέπει, η περίοδος μπορεί να προσδιορισθεί, με τον υπολογισμό του χρονικού διαλείμματος μεταξύ διελεύσεων δύο διαδοχικών κορυφών του κύματος από το σημείο του παρατηρητή που βρίσκεται επάνω στο σκάφος. Η διόρθωση που απαιτείται, λόγω της κινήσεως του σκάφους, μπορεί να αρθεί, αν μετρηθεί ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ διελεύσεων των κορυφών διαδοχικών κυμάτων από κάποια εμφανή και σχετικά σταθερή ποσότητα αφρού της θάλασσας ή από κάποιο επιπλέον αντικείμενο που βρίσκονται ή το ένα ή το άλλο σε κάποια ικανοποιητική απόσταση από το σκάφος. Η ακρίβεια των αποτελεσμάτων μπορεί να βελτιωθεί, αν ληφθεί υπόψη ο μέσος όρος αρκετών παρατηρήσεων.

Ταχύτητα

Η ταχύτητα του κύματος μπορεί να προσδιορισθεί με μέτρηση του χρόνου διελεύσεως του κύματος μεταξύ δύο σημείων του πλοίου, των οποίων η απόσταση μεταξύ τους έχει μετρηθεί με ακρίβεια και τα οποία βρίσκονται κατά μήκος της πλευράς του. Προηγουμένως πρέπει να γίνουν οι διορθώσεις που οφείλονται στη γωνία που σχηματίζει η κατεύθυνση κινήσεως των κυμάτων σε σχέση με το διάμηκες του πλοίου, καθώς και εκείνες που οφείλονται στην ταχύτητα του πλοίου.

Το μήκος, η περίοδος και η ταχύτητα των κυμάτων συνδέονται μεταξύ τους με τη σχέση που αναπτύχθηκε στην παράγραφο 4.3. Δεν υπάρχει ορισμένη, συγκεκριμένη, μαθηματική σχέση μεταξύ ύψους κύματος και μήκους, περιόδου ή ταχύτητας.

4.10 Τσουνάμι (Tsunamis).

Είναι ωκεάνεια κύματα που παράγονται από κάποια ξαφνική μετακίνηση, μεγάλης όμως κλίμακας, τμήματος της επιφάνειας του βυθού του ωκεανού ή της ακτής, όπως είναι η έκρηξη ηφαιστείου, ο σεισμός [μερικές φορές λέγεται ειδικότερα **θαλάσσιος σεισμός** (seaquake), αν ο σεισμός γίνεται μέσα στη θάλασσα] ή η κατάπτωση τμήματος ξηράς ή του βυθού. Αν τα Τσουνάμι προκαλούνται από υποβρύχιο σεισμό, ονομάζονται συνήθως **θαλάσσια σεισμικά κύματα** (seismic sea waves). Το σημείο που βρίσκεται κατ' ευθείαν επάνω από την αναταραχή, όπου δημιουργούνται τα κύματα για πρώτη φορά, ονομάζεται **επίκεντρο** (epicenter). Τόσο ένα κύμα Τσουνάμι, όσο και μια

θυελλώδης παλίρροια (άρθρο 4.11), η οποία ξεχειλίζει επάνω στην ξηρά ονομάζεται κοινώς **παλίρροιακό κύμα** (tidal wave) παρά το γεγονός ότι ούτε το Τσουνάμι ούτε η θυελλώδης παλίρροια έχει κάποια σχέση με την κανονική παλίρροια.

Αν γίνει έκρηξη ηφαιστείου κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, τα αέρια που διαφεύγουν ωθούν κάποια ποσότητα νερού προς τα επάνω, σε σχήμα τρούλου ή σωρού χώματος. Το ίδιο αποτέλεσμα προκαλείται από ξαφνική ανύψωση τμήματος της επιφάνειας του βυθού. Καθώς το νερό αυτό ρέει αμέσως κατόπιν και πάλι προς τα κάτω, δημιουργεί κύμα, το οποίο ταξιδεύει με μεγάλη ταχύτητα στην επιφάνεια του ωκεανού.

Τα Τσουνάμι είναι μια σειρά κυμάτων. Κοντά στο επίκεντρο δημιουργίας τους το πρώτο κύμα είναι ίσως και το υψηλότερο. Στις μεγαλύτερες αποστάσεις από το επίκεντρο, το πιο υψηλό κύμα παρατηρείται συνήθως αργότερα στη σειρά αυτή των κυμάτων, συνήθως μεταξύ του τρίτου και του όγδοου κύματος. Τα κύματα που ακολουθούν το μέγιστο γίνονται μικρότερα και πάλι, πλην όμως είναι δυνατόν να εντοπίζονται κύματα Τσουνάμι για αρκετές ημέρες.

Στα βαθιά νερά το ύψος του κύματος ενός Τσουνάμι δεν είναι ίσως ποτέ μεγαλύτερο από 2 ή 3 πόδια. Επειδή το μήκος του κύματος είναι πολύ μεγάλο, συνήθως αρκετά μεγαλύτερο από τα 100 μίλια, ο συνδυασμός αυτός του μικρού ύψους και του μεγάλου μήκους των κυμάτων δεν επιτρέπει τον εύκολο εντοπισμό τους στη θάλασσα. Στον Ειρηνικό ωκεανό, όπου παρατηρούνται τα περισσότερα Τσουνάμι, η περίοδος των κυμάτων κυμαίνεται μεταξύ 15 και 60 **λεπτών** περίπου, η δε ταχύτητα σε περιοχή βαθιών νερών είναι μεγαλύτερη από 400 κόμβους. Η κατά προσέγγιση ταχύτητα μπορεί να υπολογισθεί από τον τύπο:

$$S = 0,6 \sqrt{gd} = 3,4 \sqrt{d},$$

όπου S είναι η ταχύτητα σε κόμβους, g η επιτάχυνση της βαρύτητας (32,2 πόδια ανά δευτερόλεπτο) και d το βάθος του νερού σε πόδια. Ο τύπος αυτός εφαρμόζεται σε οποιοδήποτε κύμα μέσα σε νερό που έχει βάθος μικρότερο από το ήμισυ του μήκους κύματος. Για τα περισσότερα ωκεάνεια κύματα ο τύπος αυτός εφαρμόζεται μόνο σε αβαθή νερά, λόγω του σχετικά μικρού μήκους κύματος που διαμορφώνουν.

Όταν ένα Τσουνάμι εισέρχεται σε περιοχή αβαθών νερών, πραγματοποιεί τις ίδιες μεταβολές με τα άλλα κύματα. Ο τύπος δείχνει ότι η ταχύτητα είναι ανάλογη προς το βάθος του νερού. Λόγω της μεγάλης ταχύτητας ενός Τσουνάμι, όταν βρίσκεται σε σχετικά βαθιά νερά, η μείωσή της γίνεται σχετικά γρηγορότερα από τη μείωση της ταχύτητας ενός συνηθισμένου κύματος που οφείλεται στον άνεμο. Για το λόγο αυτό η αύξηση του ύψους είναι επίσης πολύ μεγαλύτερη. Το μέγεθος ενός κύματος εξαρτάται από τη φύση και την ένταση της αναταραχής. Το ύψος και η καταστρεπτική δύναμη ενός κύματος που καταφθάνει σε οποιαδήποτε θέση, εξαρτάται από την απόστασή της από το επίκεντρο, από την τοπογραφία της επιφάνειας του βυθού και από την ακτογραμμή. Η γωνία με την οποία καταφθάνει το κύμα, η μορφή της ακτογραμμής και η τοπογραφία κατά μήκος της ακτής και έξω από αυτήν, όλοι αυτοί οι παράγοντες ασκούν την επίδρασή τους. Η θέση της ακτής αποτελεί

επίσης έναν άλλο παράγοντα, επειδή μπορεί να προστατεύεται από κάποια ξηρά που μεσολαβεί ή να βρίσκεται εκεί, όπου τα κύματα έχουν την τάση, να συγκλίνουν, είτε λόγω διαθλάσεως, είτε λόγω ανακλάσεως είτε λόγω και των δυο.

Τσουνάμι 50 ποδών ή υψηλότερα έχουν καταφθάσει στην ακτή, προξενώντας εκτεταμένες ζημιές.

Την πρώτη Απριλίου του 1946 σεισμικά θαλάσσια κύματα που προέρχονταν από επίκεντρο κοντά στα Αλεούτια νησιά, σκορπίστηκαν σε ολόκληρο τον Ειρηνικό ωκεανό. Ο φάρος Σκοτς Καπ που βρίσκεται στο νησί Γιούνιμακ, ύψους 57 ποδιών επάνω από το επίπεδο της θάλασσας, καταστράφηκε εντελώς. Ταξιδεύοντας με μέση ταχύτητα 490 μίλια την ώρα, τα κύματα έφθασαν στα νησιά Χαθάη σε 4 ώρες και 34 λεπτά με ύψος 50 ποδιών επάνω από το επίπεδο της θάλασσας κατά την πλήμη και πλημμύρισαν λωρίδα ακτής πλάτους μεγαλύτερου από 1000 πόδια σε ορισμένες θέσεις. Τα κύματα αυτά άφισαν πίσω τους 173 θανάτους και ζημιές περιουσιών 25 000 000 δολλαρίων ΗΠΑ. (τιμές του 1946). Λιγότερο καταστρεπτικά κύματα έφθασαν στις ακτές της Βόρειας και Νότιας Αμερικής, καθώς και της Αυστραλίας, 6700 μίλια μακριά από το επίκεντρο.

Μετά από αυτή την καταστροφή εγκαταστάθηκε στον Ειρηνικό και άρχισε να λειτουργεί ένα σύστημα προειδοποίησης δημιουργίας και κινήσεως κυμάτων Τσουνάμι, έστω και αν τα καταστρεπτικά αυτά κύματα είναι σχετικά σπάνια (έχουν μέσο όρο εμφανίσεως ανά ένα κύμα κάθε 20 χρόνια στα νησιά της Χαθάης).

Εκτός από τα σεισμικά θαλάσσια κύματα που κινούνται οριζόντια, και οι σεισμοί κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας προκαλούν ίσως επιμήκη και πάλι κύματα που ταξιδεύουν όμως με ανοδική κατεύθυνση προς την επιφάνεια με την ταχύτητα του ήχου. Όταν κάποιο πλοίο συναντήσει τέτοιο σεισμικό κύμα, προκαλείται σ' αυτό ξαφνικά τόσο σφοδρό τράνταγμα, ώστε το πλήρωμα να νομίζει, ότι το πλοίο χτύπησε στο βυθό. Με βάση τέτοιες αναφορές πλοίων ορισμένοι παλιοί χάρτες δείχνουν αθαθείς περιοχές εκεί, όπου στην πραγματικότητα το βάθος της θάλασσας, όπως είναι γνωστό σήμερα, φθάνει τις χίλιες οργυιές ή και περισσότερο.

4.11 Παλίρροιες λόγω θύελλας.

Σε θάλασσες όπου σχετικά δεν σημειώνονται παλίρροιες, όπως είναι η Βαλτική και η Μεσόγειος, οι άνεμοι προκαλούν τις κυριότερες αναταραχές του επιπέδου της θάλασσας. Αλλού η αστρονομική παλίρροια καλύπτει συνήθως αυτές τις μεταβολές λόγου ανέμου. Κάτω όμως από εξαιρετικές συνθήκες, τόσο οι επίμονα μεγάλες τροπικές καταιγίδες, όσο και οι τροπικοί κυκλώνες, μπορούν να προκαλέσουν μεταβολές στο επίπεδο της θάλασσας που υπερβαίνουν τη συνηθισμένη τιμή μεταβολής της παλίρροιας. Η ανύψωση χαμηλού επιπέδου θάλασσας δεν δημιουργεί ιδιαίτερους κινδύνους και δεν λαμβάνεται πολύ υπόψη, παρά μόνο στη ναυσιπλοΐα. Η ανύψωση όμως του επιπέδου της θάλασσας επάνω από το συνηθισμένο σημείο της πλήμης, ειδικότερα όταν συνοδεύεται από υψηλά κύματα, μπορεί να προκαλέσει καταστροφές, στις παράκτιες περιοχές ειδικότερα.

Παρά το γεγονός ότι, όπως τα Τσουνάμι, έτσι και οι παλίρροιες λόγω **θυελλών** ή οι **θυελλώδεις φουσκοθαλασσιές** (storm tides ή storm surges), ονομάζονται από τους περισσότερους **παλίρροιακά κύματα** (tidal waves), στην πραγματικότητα δεν έχουν καμία σχέση με την παλίρροια. Οι θυελλώδεις παλίρροιες αποτελούνται από την κορυφή μεμονωμένου κύματος μόνο και συνεπώς δεν έχουν περίοδο ή μήκος.

Τρεις είναι οι παράγοντες που προκαλούν την ανύψωση του επιπέδου της θάλασσας σε μία θύελλα ή καταιγίδα. Ο πρώτος είναι η εφαρμογή της δυνάμεως του ανέμου επάνω στην επιφάνεια της θάλασσας. Το αποτέλεσμα της είναι να προκαλείται ανύψωση του νερού, με μορφή ανάλογης στήλης ή αναχώματος που αρχίζει από την επιφάνεια της θάλασσας και κινείται κατακόρυφα κάπως προς την ατμόσφαιρα, όπως δηλαδή είναι οι σίφωνες, οι ανεμοστρόβιλοι ή άλλης μορφής τοπικές ανυψώσεις του νερού (μερικές φορές ονομάζεται και τοπικός ανεμοδαρμός της θάλασσας). Ο δεύτερος παράγοντας είναι η σύγκλιση των ρευμάτων που οφείλεται και πάλι στην επίδραση τοπικού ανέμου, αποτέλεσμα της οποίας είναι η ανύψωση του νερού της επιφάνειας της θάλασσας κατά μήκος της γραμμής συγκλίσεως. Στα ρηχά η τριβή των μορίων του νερού επάνω στην επιφάνεια του βυθού, καθώς επίσης και αυτή η ίδια η μορφολογία του βυθού και η τοπογραφία του, έχουν σαν αποτέλεσμα να εξασφαλίζουν διάρκεια στην ανύψωση του νερού που οφείλεται στη σύγκλιση αυτή των ρευμάτων ή ίσως και να την ενισχύουν ακόμη περισσότερο. Η χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση που συνοδεύει μία επίμονη καταιγίδα, αποτελεί τον τρίτο παράγοντα ανυψώσεως του νερού της επιφάνειας της θάλασσας, η οποία μερικές φορές αναφέρεται και σαν **ανεστραμμένο βαρόμετρο**. Κι αυτό επειδή, ενώ μία ίντσα της στήλης υδραργύρου ατμοσφαιρικής πίεσεως ισοδυναμεί με 136 ίντσες περίπου της πίεσεως (βάθους) του νερού (παράγρ. 2.15), η προσαρμογή του επιπέδου της επιφάνειας της θάλασσας λόγω της μειωμένης ατμοσφαιρικής πίεσεως μπορεί να απαιτήσει μερικά πόδια πίεσεως του νερού για εξισορρόπηση, προκαλώντας έτσι την άνοδο αυτή του επιπέδου της επιφάνειας.

Και οι τρεις παράγοντες ενεργούν ανεξάρτητα μεταξύ τους. Αν όμως συμβεί να ενεργήσουν ταυτόχρονα, το αποτέλεσμα τους είναι τότε προσθετικό. Εκτός όμως των τριών αυτών παραγόντων, το κύμα μπορεί να ενισχυθεί ή να διευρυνθεί από την επίδραση της τοπογραφίας. Τα θυελλώδη κύματα είναι δυνατό να φθάνουν ύψη 20 ποδιών ή και περισσότερων και εκτιμάται, ότι προκαλούν τα τρία τέταρτα των θανάτων που αποδίδονται σε Χαρρικέινς.

4.12 Ακίνητα κύματα και κύματα σειχηδες.

Οι προηγούμενες παράγραφοι αυτού του κεφαλαίου είχαν σχέση με τα **προοδευτικά κύματα** (progressive waves), με τα κύματα δηλαδή που εμφανίζονται εικονικά σαν να μετακινούνται κανονικά με το χρόνο. Όταν όμως δύο συστήματα προοδευτικών κυμάτων που έχουν την ίδια περίοδο, ταξιδεύουν σε αντίθετες κατευθύνσεις, κάθετα στην ίδια περιοχή, είναι πιθανό να δημιουργηθεί μία σειρά από **ακίνητα κύματα** (standing waves), που φαίνονται δηλαδή να παραμένουν στάσιμα.

Άλλος τύπος ακινήτων κυμάτων που ονομάζονται **σειχηδες** (seiche ή sash), παρουσιάζονται σε περιορισμένο χώρο νερού, όπως σε διαύλους, όρμους κλπ. Πρόκειται για κύματα, που έχουν μεγάλο μήκος και συνήθως έχουν την κορυφή τους στη μία άκρη του περιορισμένου χώρου και την κοιλιά τους στην άλλη. Η περίοδός τους μπορεί να είναι οποιαδήποτε, από λίγα λεπτά μέχρι μία ώρα ή και περισσότερο, αλλά πάντως κάπως συντομότερη από την παλιρροιακή περίοδο. Οι σειχηδες οφείλονται συνήθως σε ισχυρούς ανέμους ή σε διαφορές της ατμοσφαιρικής πίεσεως.

4.13 Κύματα παλίρροιας.

Όπως αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 2, υπάρχουν γενικά δύο περιοχές παλιρροιακών πλημών που διαχωρίζονται από δύο περιοχές παλιρροιακών ρηχίων, οι δε δύο αυτές περιοχές μετακινούνται προοδευτικά προς τα δυτικά γύρω από την γη, καθώς η σελήνη περιστρέφεται στην τροχιά της. Οι πλήμες είναι οι κορυφές των **κυμάτων παλίρροιας** (tide waves), ενώ οι ρηχίες είναι οι κοιλιές τους. Το κύμα παλίρροιας δεν είναι αξιόλογο μέσα στις θάλασσες, εμφανίζεται όμως κατά μήκος των ακτών και ιδίως σε εκβολές ποταμών με κωνικό σχήμα. Στα στόμια ορισμένων ποταμών ή εκβολών με ιδιαιτερότητες ως προς τη διαμόρφωσή τους το κύμα πλήμης που εισέρχεται εκεί, ξεπερνά το επόμενο κύμα ρηχίας που το ακολουθεί και αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να προκαλείται κύμα μεγάλου ύψους κορυφής. Το τελευταίο μετακινείται σε κατεύθυνση αντίθετη προς το ρεύμα του ποταμού με βοή και διογκούμενο (φουσκωμένο) με την ονομασία **διάτρημα** (bore).

4.14 Εσωτερικά κύματα.

Μέχρι τώρα η συζήτηση έχει περιορισθεί σε κύματα επιφάνειας της θάλασσας, δηλαδή στο διαχωριστικό επίπεδο μεταξύ ατμόσφαιρας και νερού. Τα **εσωτερικά** ή **οριακά κύματα** (internal waves ή boundary waves) δημιουργούνται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, στις οριακές γραμμές μεταξύ στρωμάτων νερού διαφορετικής πυκνότητας. Οι διαφορές πυκνότητας μεταξύ προσκειμένων στρωμάτων νερού μέσα στο θαλάσσιο χώρο είναι ουσιαστικά μικρότερες από τις διαφορές μεταξύ του ατμοσφαιρικού αέρα και της θάλασσας. Συνεπώς τα εσωτερικά κύματα δημιουργούνται πολύ ευκολότερα από τα κύματα της επιφάνειας της θάλασσας και είναι συχνά πάρα πολύ μακρύτερα ως προς το μήκος. Το μέγιστο ύψος των επιφανειακών κυμάτων που οφείλονται στον άνεμο είναι περίπου 60 πόδια, τα ύψη όμως των εσωτερικών κυμάτων έχει παρατηρηθεί ότι φθάνουν τα 300 πόδια.

Τα εσωτερικά κύματα εντοπίζονται από αριθμό παρατηρήσεων της κατακόρυφης διανομής της θερμοκρασίας με τη χρησιμοποίηση συσκευών καταγραφής, όπως είναι ο βαθυθερμογράφος (παράγρ. 1.7). Έχουν περίοδο τόσο μικρή, όση είναι η περίοδος λίγων λεπτών, αλλά και μεγάλη, μέχρι 12 ή και 24 ώρες. Οι περίοδοι της μεγάλης διάρκειας συσχετίζονται γενικά με τις παλίρροιας.

Πλοίο που πλέει με μικρή ταχύτητα σε στρώμα γλυκού σχετικά νερού, μικρής δηλαδή αλμυρότητας, το οποίο φθάνει περίπου το βάθος του βυθίσματός του, ίσως δημιουργήσει εσωτερικά κύματα μικρής περιόδου. Το ίδιο ίσως συμβεί και

έξω από τις κοίτες ποταμών, που εκβάλλουν στη θάλασσα, ή στις πολικές περιοχές ειδικότερα, εκεί όπου πλησίον λειώνει ο πάγος. Κάτω επίσης από κατάλληλες συνθήκες η συνηθισμένη κινητική ενέργεια του νερού που προκαλείται από την κίνηση των ελίκων του πλοίου, δημιουργεί, όπως πρέπει να αναμένεται, και συντηρεί εσωτερικά κύματα, οπότε το πλοίο φαίνεται σαν να **κολλά** στο νερό, γίνεται δηλαδή βραδυκίνητο και προχωρεί ελάχιστα. Το φαινόμενο αυτό, γνωστό σαν **νεκρό νερό** (dead water), εξαφανίζεται όταν το πλοίο αυξήσει ταχύτητα, έστω και κατά λίγους κόμβους.

Η πλήρης σπουδαιότητα των εσωτερικών κυμάτων δεν έχει προσδιορισθεί ακόμη, είναι όμως γνωστό ότι τα κύματα αυτά μπορούν να προκαλέσουν ανύψωση και κάθοδο ενός υποβρυχίου, ανάλογη με την ανύψωση και κάθοδο (προνευστασμό ή και διατοιχισμό) ενός πλοίου που πλέει στην επιφάνεια, και επίσης, ότι επηρεάζουν ίσως τη μετάδοση του ήχου μέσα στο νερό της θάλασσας.

4.15 Κύματα και πλοία.

Οι επιδράσεις των κυμάτων στα πλοία είναι διαφορετικές, ανάλογα με τον τύπο του πλοίου, την πορεία και ταχύτητά του, καθώς και την κατάσταση της θάλασσας. Ένα πλοίο μικρού μήκους έχει την τάση να ανεβαίνει προς τα επάνω της μιας πλευράς του κύματος και να κατεβαίνει προς τα κάτω της άλλης, να ακολουθεί δηλαδή τη διακύμανση της διαδρομής του κύματος, ενώ ένα μεγαλύτερο σκάφος με ομαλή τροπίδα ίσως τείνει να διασχίζει τα κύματα, περνώντας ανάμεσά τους. Αν τα κύματα έχουν τέτοιο μήκος, ώστε η πλώρη και η πρύμνη του σκάφους να παρουσιάζει εναλλαγές επάνω σε διαδοχικές κορυφές και διαδοχικές κοιλιές των κυμάτων, το πλοίο δέχεται μεγάλης εντάσεως δυνάμεις κάμψεως και στρεβλώσεως και κάτω από δύσκολες συνθήκες ίσως αποκοπεί σε δύο τμήματα. Η αλλαγή όμως της πορείας ίσως να ελαττώσει αυτόν τον κίνδυνο. Λόγω των δυνάμεων κάμψεως και στρεβλώσεως ένα μικρό σκάφος είναι μερικές φορές περισσότερο ικανό να πλεύσει μέσα σε καταιγίδα ή θύελλα από κάποιο μεγαλύτερο.

Αν διαδοχικά κύματα προσκρούσουν στην πλευρά του σκάφους με την ίδια φάση των διαδοχικών ταλαντώσεών του, είναι δυνατόν να προκαλέσουν έντονο διατοιχισμό, ακόμη και αν τα κύματα αυτά είναι από τα πιο μικρά. Η επίδραση είναι η ίδια με εκείνη που παρατηρείται, όταν αιωρείται ένα μικρό παιδί στην κούνια, όπου η ένταση της ωθήσεως δεν έχει τόσο σπουδαίο αποτέλεσμα, όσο έχει η χρονική στιγμή που εφαρμόζεται η ώθηση σε σχέση με τη φάση ταλαντώσεως. Αν η δύναμη του κύματος εφαρμοσθεί στην πλώρη ή στην πρύμνη του σκάφους ταυτόχρονα με τον προνευστασμό του, η ίδια επίδραση μπορεί να προκαλέσει πολύ εντονότερο προνευστασμό. Η αλλαγή είτε της πορείας του πλοίου είτε της ταχύτητάς του μπορεί να ελαττώσει την επίδραση.

Το κύμα που έχει μήκος διπλάσιο από εκείνο του πλοίου δημιουργεί τον κίνδυνο να το ρίξει απότομα μέσα στην κοιλιά του, ιδίως αν πρόκειται για βραδυκίνητο πλοίο. Η επίδραση είναι ιδιαίτερα σημαντική, αν η θάλασσα έρχεται προς την πλώρη του σκάφους, κατάπλωρα, ή προς την παρειά του (τη μάσκα του) με γωνία 45°. Η αύξηση της ταχύτητας ελαττώνει τον κίνδυνο.

4.16 Χρησιμοποίηση του λαδιού για τροποποίηση της ενέργειας των κυμάτων που θραύονται.

Το λάδι έχει αποδειχθεί αποτελεσματικό για τη βελτίωση των επιδράσεων των κυμάτων που θραύονται. Έχει επίσης αποδειχθεί χρήσιμο στα σκάφη που βρίσκονται σε θαλασσοταραχή, είτε όταν ταξιδεύουν, είτε όταν σταματούν, ιδίως όμως όταν κατεβάζουν ή ανεβάζουν βάρκες. Η επίδραση του λαδιού είναι μεγαλύτερη, αν χρησιμοποιείται σε περιοχές με βαθιά νερά, όπου και μια μικρή ποσότητά του είναι ικανοποιητική, αν διασκορπισθεί προς την προσήνεμη πλευρά του πλοίου. Στα αβαθή, όπου το νερό βρίσκεται σε κίνηση επάνω από την επιφάνεια του βυθού, το λάδι είναι λιγότερο αποτελεσματικό, αλλά πάντως έχει η χρησιμοποίησή του κάποια αξία.

Τα πιο βαριά λάδια, κυρίως τα λάδια που προέρχονται από ζώα ή λαχανικά, είναι τα περισσότερο αποτελεσματικά. Το αργό πετρέλαιο είναι χρήσιμο, η αποτελεσματικότητά του όμως μπορεί να βελτιωθεί, αν αναμιχθεί με ζωικά και φυτικά λάδια. Η βενζίνη και η κηροζίνη έχουν μικρή αξία. Το λάδι διασκορπίζεται αργά. Σε κρύο καιρό ίσως χρειάζεται κάποια εκλέπτυνση και αυτό επιτυγχάνεται με ανάλογη ανάμιξή του με πετρέλαιο. Έτσι επισπεύδεται η διαδικασία επιδράσεώς του και επιτυγχάνεται η επιθυμητή διασπορά του, πριν το σκάφος μετακινηθεί μακριά από την περιοχή ρίψεως, ώστε η επίδραση να είναι τελικά χρήσιμη.

Στη θαλασσοταραχή τα καλύτερα αποτελέσματα αναμένονται, αν το σκάφος εκπίπτει ή αν μετακινείται πολύ αργά προς τον άνεμο, το δε λάδι ρίχνεται στη θάλασσα και από τις δύο πλευρές του πλοίου με τις σωληνώσεις αποχετεύσεων ή με άλλη κατάλληλη και εύκολη μέθοδο. Αν χρησιμοποιηθεί η άγκυρα του πλοίου, το λάδι μπορεί να διασκορπισθεί με δοχείο που εισέρχεται κατά την αγκυροβολία στη θάλασσα με κατάλληλη μέθοδο γι' αυτό το σκοπό. Αν δεν διατίθεται τέτοιο κατάλληλο δοχείο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια σακκούλα λαδιού που δένεται με σχοινί μαζί με κάποιο βάρος ή μπλόκι επάνω στην άγκυρα. Και τα δύο άκρα του σχοινιού βρίσκονται επάνω στο πλοίο, έτσι ώστε με το ένα τμήμα του σχοινιού να ρίχνεται η σακκούλα στη θάλασσα μαζί με την άγκυρα και με το άλλο τμήμα να είναι δυνατόν να ελκύεται επάνω στο πλοίο, για να γεμίσει και πάλι με λάδι και να χρησιμοποιηθεί εκ νέου. Αν ρυμουλκείται άλλο πλοίο, το λάδι πρέπει να διανέμεται από το ρυμουλκό, ή οποιοδήποτε άλλο πλοίο που χρησιμοποιείται σαν ρυμουλκό, συγκεκριμένα από το πρωραίο μέρος του και από τις δύο πλευρές του ώστε τόσο αυτό, όσο και το ρυμουλκούμενο πλοίο να εξυπηρετηθούν. Αν πρόκειται να γίνει προσέγγιση σε κάποιο πλοίο, που εκπίπτει, το λάδι πρέπει ίσως να διασκορπισθεί από τις δύο πλευρές του εκπίπτοντος ή και από το πλοίο που προσεγγίζει. Στη δεύτερη αυτή περίπτωση θα πρέπει να διανεμηθεί προς την υπήνεμη πλευρά του πλοίου που εκπίπτει έτσι, ώστε αυτό να εκπέσει προς το πλοίο που το προσεγγίζει. Αν το πλοίο προς το οποίο γίνεται η προσέγγιση έχει προσαράξει, θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί η διαδικασία που είναι η πιο κατάλληλη για την περίπτωση αυτή.

Αν χρειάζεται λάδι για τη διέλευση του πλοίου καθέτως μιας περιοχής προσχωματικού βέλους κατά τον είσπλου του σε λιμάνι, μπορεί να ριχθεί το

λάδι με τέτοιο τρόπο που να επιπλέει στο νερό κατάπλωρα του πλοίου, αν στη περιοχή κινείται ρεύμα πλημμυρίδας. Ίσως μάλιστα να χρειάζεται τότε αξιόλογη ποσότητα λαδιού. Κατά τη διάρκεια που τα νερά είναι στάσιμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μάνικα του πλοίου και να ριχθεί το λάδι ελεύθερα στη θάλασσα από την πλώρη, αν άλλη περισσότερο κατάλληλη μέθοδος δεν είναι διαθέσιμη. Με ρεύμα αμπώτιδας το λάδι είναι λιγότερο χρήσιμο, εκτός αν μπορεί να διανεμηθεί από κάποιο άλλο πλοίο, ή με κάποιον άλλο τρόπο, από την αντίθετη πλευρά του προσχωματικού βέλους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΚΥΜΑΤΑ ΠΟΥ ΘΡΑΥΟΝΤΑΙ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΩΓΗ

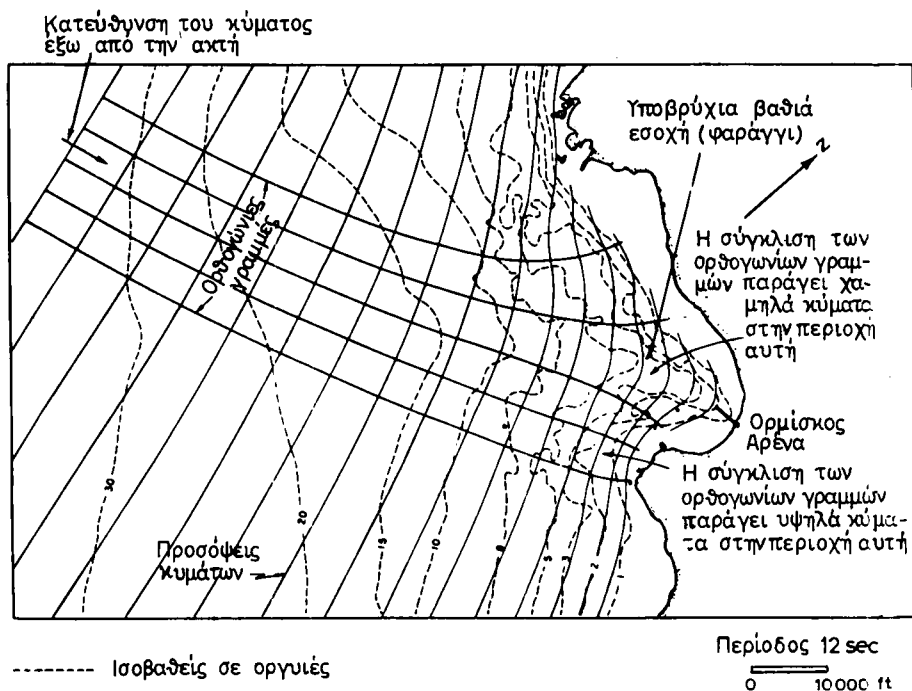
5.1 Εισαγωγή.

Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι να ενημερώσει το ναυτιλλόμενο για τους ωκεανογραφικούς εκείνους παράγοντες, οι οποίοι επηρεάζουν την ασφαλή ναυσιπλοΐα προς την παραλία κατά τη διέλευση του πλοίου μέσα από τη ζώνη της κυματωγής.

5.2 Διάθλαση.

Όπως επεξηγήθηκε στο άρθρο 4.7, η ταχύτητα του κύματος ελαττώνεται στα αβαθή νερά προκαλώντας **διάθλαση** (refraction), αν τα κύματα προσεγγίζουν την παραλία με γωνία, δηλαδή με αλλαγή στην κατεύθυνση κινήσεώς τους. Κατά μήκος μιας πολύ ευθύγραμμης παραλίας με ομοιόμορφα ρηχά οι προσόψεις των κυμάτων τείνουν να γίνουν παράλληλες προς την ακτή. Οποιοσδήποτε εντούτοις αντικανονικότητες της ακτογραμμής ή των ισοβαθών επηρεάζουν τη διάθλαση, προκαλώντας και σ' αυτήν αντικανονικότητα. Στην περίπτωση μιας απότομης οροσειράς του βυθού, κάθετης προς την παραλία, για παράδειγμα, η διαδικασία κυματισμού λόγω της παρουσίας των αβαθών, η αύξηση δηλαδή του ύψους τους (βάθεμα ή εκβάθυνση του κύματος), είναι περισσότερο γρήγορη και προκαλεί μεγαλύτερη διάθλαση προς την κατεύθυνση της οροσειράς. Τα κύματα τείνουν να ευθυγραμμισθούν με τις ισοβαθείς. Τα κύματα και στις δύο πλευρές της οροσειράς έχουν ένα ποσό κινήσεως προς την κατεύθυνση της οροσειράς. Η σύγκλιση αυτή ή και συμβολή (convergence) της ενέργειας των κυμάτων προς την κατεύθυνση της οροσειράς προκαλεί αύξηση του ύψους του κύματος ή του ύψους θραύσεώς του.

Υποβρύχια βαθιά εσοχή (φαράγγι) ή κάποια υποβρύχια κοιλάδα που είναι κάθετες προς την παραλία, αντίθετα, προκαλούν **απόκλιση** (divergence) της ενέργειας των κυμάτων με ελάττωση του ύψους τους ή του ύψους θραυσεώς τους. Οι επιδράσεις αυτές φαίνονται στο σχήμα 5.2. Οι κλίσεις του βυθού σε τμήματα της ακτογραμμής προκαλούν το ίδιο αποτέλεσμα, προκαλώντας σύγκλιση σε ένα **σημείο**, απόκλιση δε, αν η ακτή είναι **καμπύλη με τα κοίλα** προς την θάλασσα. Τα σημεία σύγκλισεως ή συμβολής ενεργούν σαν εστιακές



Παραχωρημένο ευγενώς από τον Robert L. Wiegell, του Συμβουλίου Έρευνας των κυμάτων του Πανεπιστημίου της Καλλιφόρνιας.

Σχ. 5.2.

Η επίδραση της τοπογραφίας του βυθού, στη δημιουργία συγκλίσεως και αποκλίσεως των κυμάτων.

περιοχές της ενέργειας των κυμάτων και σχηματίζουν μεγάλα κύματα που θραύονται. Οι καμπύλοι όρμοι δημιουργούν μικρά κύματα θραύσεως, επειδή η ενέργεια διασκορπίζεται, καθώς τα κύματα προσεγγίζουν προς την παραλία.

Κάτω από κατάλληλες συνθήκες τα ρεύματα επίσης προκαλούν διάθλαση. Το γεγονός αυτό αποκτά ιδιαίτερη σπουδαιότητα στις εισόδους, στα στόμια, εκβολών ποταμών, όπου παρατηρούνται συγχρόνως και παλίρροιες (παλιρροιακές εκβολές). Όταν τα κύματα συναντούν ρεύμα που κινείται με αντίθετη κατεύθυνση, γίνονται υψηλότερα και αποκτούν μικρότερο μήκος. Τότε προκαλείται κυματισμός με κύματα μικρού μήκους αλλά απότομα, τα οποία θραύονται συχνά, πέφτοντας το ένα επάνω στο άλλο. Όταν τα κύματα κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση που κινείται και το ρεύμα, ελαττώνονται ως προς το ύψος και αυξάνονται ως προς το μήκος. Η διάθλαση πραγματοποιείται, όταν τα κύματα συναντούν το ρεύμα με κάποια γωνία.

Διαγράμματα διαθλάσεως, ωφέλιμα κατά τη σχεδίαση αμφίβιων επιχειρήσεων, μπορούν να εκπονηθούν με τη βοήθεια ναυτικών χαρτών ή αεροφωτογραφιών. Αν υπάρχουν ευκολίες ηλεκτρονικού υπολογιστή, χρησιμοποιούνται σύνθετα διαγράμματα του υπολογιστή για τον προσδιορισμό των διαγραμμάτων διαθλάσεων με συντομία και με ακρίβεια.

5.3 Κύματα που θραύονται και κυματωγή.

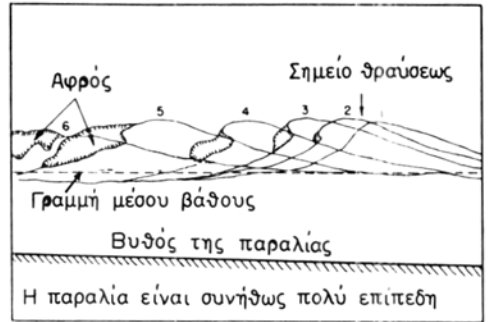
Σε περιοχή με βαθιά νερά η αποθαλασσία κινείται στην επιφάνεια της θάλασσας με την μορφή κανονικών, ομαλών κάπως, διακυμάνσεων του νερού (κεφάλαιο 4), κατά γενικό τρόπο. Όταν η αποθαλασσία φθάσει όμως σε ρηχά νερά, η περίοδος του κύματος παραμένει η ίδια, σε αντίθεση με την ταχύτητα, που ελαττώνεται. Το ποσό της ελαττώσεως είναι αμελητέο, ώσπου το βάθος του νερού να γίνει το μισό περίπου του μήκους κύματος, οπότε δηλαδή τα κύματα αρχίζουν να **αισθάνονται** το βυθό, επειδή η κοιλιά τους τότε προσεγγίζει πολύ προς το βυθό ή και εφάπτεται σ' αυτόν. Υπάρχει μικρή ελάττωση στο ύψος του κύματος, που ακολουθείται από απότομη αύξηση, αν τα κύματα ταξιδεύουν κάθετα προς κάποια ευθύγραμμη ακτή, με βυθό που έχει ομοιόμορφη και ομαλή κλίση. Καθώς έτσι τα κύματα γίνονται τελικά υψηλότερα και με μικρότερο μήκος, γίνονται και οξύτερα, η δε κορυφή τους γίνεται στενότερη. Όταν η ταχύτητα των μεμονωμένων μορίων του νερού στην κορυφή των κυμάτων αυτών γίνει μεγαλύτερη από την ταχύτητα του ίδιου του κύματος, η πρόσοψη του κύματος γίνεται οξύτερη από την κλίση που παρατηρείται στο πίσω μέρος του. Η διαδικασία αυτή συνεχίζεται με επιταχυνόμενο ρυθμό, καθώς το βάθος του βυθού ελαττώνεται. Σε κάποιο σημείο το κύμα ίσως γίνει ασταθές, οπότε πέφτει προς τα εμπρός και γκρεμίζεται και τότε παρατηρείται το **κύμα θραύσεως ή κύμα που θραύεται ή ανάρρους (breaker)**.

Υπάρχουν γενικά τρεις κατηγορίες κυμάτων που θραύονται: Εκείνα που καλύπτοντας αξιόλογη απόσταση θραύονται προοδευτικά και ονομάζονται κύματα θραύσεως, τα οποία **διασπείρονται προς την παραλία** (spilling breakers). Εκείνα που τείνουν να αναδιπλωθούν, αλλά θραύονται τελικά με ένα σπάσιμο και ονομάζονται κύματα θραύσεως τα οποία καταδύονται (κάνουν βουτιά), (plunging breakers). Εκείνα τέλος που ανέρχονται ως προς το ύψος τους, και διογκώνονται, φουσκώνουν, καθώς κινούνται προς την παραλία, χωρίς όμως να διασπείρονται ή να καταδύονται, και τα οποία ονομάζονται κύματα θραύσεως που **διογκώνονται** (surging breakers). Τα τελευταία αυτά κατατάσσονται και αξιολογούνται ως κύματα θραύσεως, παρά το ότι στην πραγματικότητα δεν θραύονται. Ο τύπος του κύματος θραύσεως προσδιορίζεται από την οξύτητα της παραλίας και την οξύτητα του κύματος, πριν αυτό φθάσει σε ρηχά νερά, όπως απεικονίζεται στο σχήμα 5.3.

Τα κύματα με μεγαλύτερο μήκος θραύονται σε βαθύτερα νερά και έχουν μεγαλύτερο ύψος θραύσεως. Η παρουσία οξύτερης παραλίας έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνει και πάλι το ύψος θραύσεως. Το ύψος των κυμάτων θραύσεως είναι μικρότερο, αν τα κύματα προσεγγίζουν την παραλία με οξεία γωνία. Στην παραλία με οξύτερα πρανή, με οξύτερη κλίση βυθού, θραύονται κύματα που έχουν κυρίως την τάση να είναι του τύπου που καταδύονται ή διογκώνονται. Μετά τη θραύση του κύματος το νερό μετακινείται προς την παραλία με ανάλογη ορμή από το εσωτερικό της θάλασσας και την περιβρέχει. Έχομε τότε το στάδιο της **εκχύσεως ή ξεσπάσματος ή εκχυλήσεως** (urpush) του νερού. Στη συνέχεια αυτό μετακινείται από την παραλία προς το εσωτερικό της θάλασσας, οπότε έχομε το στάδιο της **αναστροφής ή αντιστροφής της εκχύσεως** (backrush). Το αντιστρεφόμενο νερό με την κίνησή του αυτή τείνει



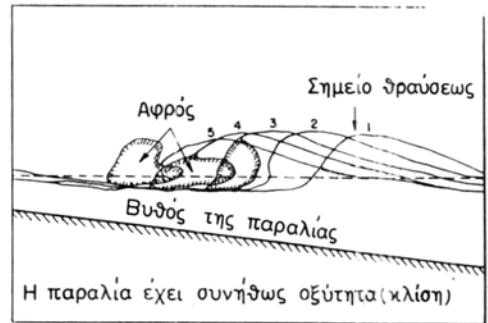
Κύμα που θραύεται και διασπείρεται.



Διάγραμμα που δείχνει το γενικό χαρακτήρα των κυμάτων που θραύονται και διασπείρονται



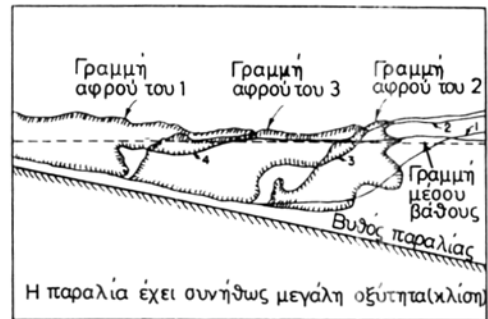
Κύμα που θραύεται και καταδύεται (κάνει βουτιά).



Διάγραμμα που δείχνει το γενικό χαρακτήρα των κυμάτων που θραύονται και καταδύονται



κύμα που θραύεται και διογκώνεται.



Διάγραμμα που δείχνει το γενικό χαρακτήρα των κυμάτων που θραύονται και διογκώνονται.

Παραχωρημένο ευγενώς από τον Robert L. Wiegell, του συμβουλίου έρευνας των κυμάτων του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας.

Σχ. 5.3.

τρεις τύποι κυμάτων που θραύονται

να επιβραδύνει ακόμη περισσότερο την κοιλιά του κύματος που καταφθάνει προς την παραλία, αυξάνοντας έτσι την τάση του να θραυέται. Η επίδραση είναι μεγαλύτερη, αν η ταχύτητα του νερού που επιστρέφει ή το βάθος του αυξάνουν, προκαλώντας τότε *πίτυλο* ή *αντιμάμαλο*. Το μέσο βάθος της θάλασσας στο σημείο εκείνο του βυθού, στο οποίο πραγματοποιείται η θραύση του κύματος, είναι περίπου 1,3 φορές μεγαλύτερο από το μέσο ύψος του κύματος.

Η κυματωγή ως σειρά κυμάτων που θραύονται διαφέρει τόσο ως προς τη θέση που πραγματοποιείται κατά μήκος της παραλίας, όσο και ως προς το χρόνο. Σαν αλλαγή της θέσεως υπονοείται συχνά η αλλαγή των ισοβαθών, με τις επιδράσεις της διαθλάσεως που αναπτύχθηκαν στο άρθρο 5.2. Στο ίδιο σημείο, σε σχέση με το βυθό, το ύψος και η περίοδος των κυμάτων διαφέρουν ουσιαστικά από κύμα σε κύμα.

Μια ομάδα υψηλών κυμάτων ακολουθείται συνήθως από διάφορες άλλες μικρότερου ύψους. Συνεπώς ο διάπλους μέσα από την περιοχή της κυματωγής μπορεί να γίνει πολύ ευκολότερα συνήθως, αν επιχειρηθεί αμέσως μετά από τη σειρά των υψηλότερων κυμάτων.

Επειδή οι συνθήκες με τις οποίες πραγματοποιείται η κυματωγή συσχετίζονται κατ' ευθείαν με το ύψος των κυμάτων που προσεγγίζουν την παραλία, καθώς και με την διαμόρφωση του βυθού, η κατάσταση της θάλασσας στην κυματωγή, σε οποιαδήποτε στιγμή, μπορεί να προβλεφθεί, αν κάποιος έχει τις απαραίτητες πληροφορίες και τη γνώση των παραγόντων που υπεισέρχονται. Το ύψος της θάλασσας και η αποθαλασσία μπορούν να προβλεφθούν από τα στοιχεία ανέμου, οι δε πληροφορίες που χρειάζονται σχετικά με τη διαμόρφωση του βυθού μπορούν να αποκτηθούν γενικά από το ναυτικό χάρτη. Επιπροσθέτως η περιοχή της πιο ελαφράς κυματωγής, κατά μήκος μιας παραλίας, μπορεί να προγνωσθεί, αν υπάρχουν διαθέσιμες λεπτομέρειες ως προς την διαμόρφωση και πάλι του βυθού της περιοχής.

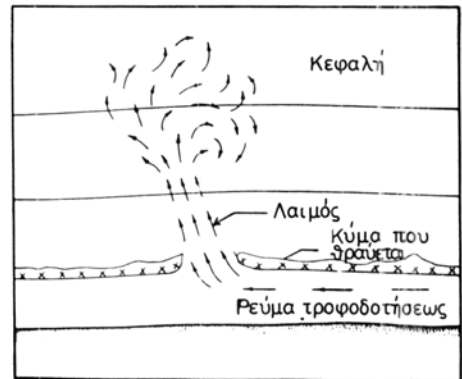
5.4 Ρεύματα στη ζώνη της κυματωγής.

Τα ρεύματα δημιουργούνται μέσα στη ζώνη της κυματωγής, καθώς και σε περιοχές που πρόσκεινται σ' αυτή, από τα κύματα που προσεγγίζουν τις ισοβαθείς με γωνία, επίσης δε και από τις αντικανονικότητες, ανωμαλίες, του βυθού.

Κύματα που προσεγγίζουν με γωνία δημιουργούν ρεύμα *επιμήκες κατά μήκος της ακτής* (longshore current), παράλληλο προς την παραλία, μέσα στη ζώνη της κυματωγής. Τα ρεύματα αυτά είναι περισσότερο κοινά κατά μήκος των ευθυγράμμων παραλιών. Οι ταχύτητές τους αυξάνουν με την αύξηση του ύψους θραύσεως των κυμάτων, την ελάττωση της περιόδου των, την αύξηση της γωνίας μεταξύ της γραμμής θραύσεως και της παραλίας και τέλος με την αύξηση της κλίσεως των πρηνών της παραλίας. Η ταχύτητα υπερβαίνει σχεδόν τον 1 κόμβο, πλην όμως έχουν αναφερθεί και ταχύτητες 3 κόμβων, με διάρκεια. Τα επιμήκη προς την ακτή ρεύματα έχουν συνήθως σταθερή κατεύθυνση. Αυξάνουν τον κίνδυνο της προσαράξεως ενός μικρού σκάφους που τα διαπλέει.

Όπως επεξηγήθηκε στην παράγραφο 5.2, οι προσόψεις των κυμάτων, καθώς προχωρούν επάνω από ισοβαθείς μη παράλληλες μεταξύ τους, διαθλώνται και προκαλούν σύγκλιση ή απόκλιση της κυματικής ενέργειάς τους. Οι συγκεντρώσεις ενέργειας στις περιοχές της συγκλίσεως αποτελούν φραγμό στα επιστρεφόμενα νερά, τα οποία στη συνέχεια αποκλίνουν κατά μήκος της παραλίας προς περιοχές μικρότερης αντιστάσεως. Τα επιστρεφόμενα νερά συσσωρεύονται σε ασθενή σημεία και επιστρέφουν προς τη θάλασσα συγκεντρωμένα, σχηματίζοντας έτσι ρεύματα διαφυγής μέσα από τη ζώνη της κυματωγής. Στα σημεία αυτά η μεγάλη ποσότητα του επιστρεφόμενου νερού έχει επιβραδυντικά αποτελέσματα επάνω στα κύματα που έρχονται προς την ακτή και έτσι αυξάνονται οι προϋποθέσεις δημιουργίας των ρευμάτων διαφυγής. Τα κύματα προς τη μία ή και τις δύο πλευρές αυτού του ρεύματος, επειδή έχουν μεγαλύτερη ενέργεια και δεν είναι επιβραδυντικά από συγκέντρωση επιστρεφόμενων υδάτων, προχωρούν ταχύτερα και εισέρχονται μακρύτερα προς το εσωτερικό της παραλίας. Από εδώ κινούνται κατά μήκος της παραλίας σαν **ρεύματα τροφοδοτήσεως** (feeder currents). Αν όμως υπάρχει κάποια περιοχή μέσα στη ζώνη της κυματωγής με μειωμένη αντίσταση, το νερό επιστρέφει στη συνέχεια μέσα από αυτή προς τη θάλασσα, σχηματίζοντας το λαιμό (neck) του ρεύματος διαφυγής. Έξω από τη γραμμή θραύσεως των κυμάτων το ρεύμα διευρύνεται και μειώνει την ταχύτητά του, ηρεμεί, σχηματίζοντας την κεφαλή (head). Τα διάφορα τμήματα του ρεύματος διαφυγής φαίνονται στο σχήμα 5.4.

Ρεύματα διαφυγής είναι δυνατόν να προκαλούνται επίσης από ανωμαλίες του βυθού της παραλίας. Αν κάποια εσοχή της παραλίας προκαλεί περισσότερη μετακίνηση των νερών του κύματος που έχει θραυσθεί προς το εσωτερικό της περιβρέχοντάς την και μάλιστα, αν προκαλεί περισσότερη μετακίνηση από το



Ιδανικό ρεύμα διαφυγής

Παραχωρημένο ευγενώς από τον Robert L. Wiegell, του Συμβουλίου Έρευνας των κυμάτων του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας.

Σχ. 5.4.

Ρεύμα διαφυγής (αριστερά) και διάγραμμα των τμημάτων του (δεξιά).

μέσο όρο της συνηθισμένης αποστάσεως μετακινήσεως, τα νερά που επιστρέφουν στη συνέχεια είναι τότε αργοπορημένα σχετικά με τα επιστρεφόμενα νερά στο ίδιο αυτό τμήμα της παραλίας από τις διπλανές περιοχές, και η αργοπορία αυτή με τη σειρά της επιβραδύνει την είσοδο της επόμενης γραμμής αφρού (foam line) (της προσόψεως δηλαδή ενός κύματος, καθώς αυτό προχωρεί προς την ακτή μετά από την θραύση του). Η γραμμή όμως του αφρού σε κάθε περιοχή της επιβραδύνσεως συνεχίζει την πορεία της και τείνει να συμπληρωθεί μέσα στην περιοχή επιβραδύνσεως, προκαλώντας έτσι τη δημιουργία ενός ρεύματος διαφυγής.

5.5 Ιζήματα της παραλίας.

Μέσα στο νερό της ζώνης της κυματωγής αιωρούνται μεγάλες ποσότητες ιζημάτων. Όταν η κίνηση του νερού ελαττωθεί, τα ιζήματα κατακάθονται σαν άμμος. Η κίνηση του νερού μπορεί να γίνεται είτε με τη μορφή κυμάτων είτε με τη μορφή ρευμάτων. Οι κάβοι ή οι άκρες της ακτής είναι βραχώδεις, γιατί τα μεγάλα κύματα που θραύονται τις διατρέχουν, τις περιβρέχουν και τις καθαρίζουν, τα δε μικρά ιζήματά τους παρασύρονται από το νερό, αιωρούνται στη συνέχεια μέσα σ' αυτό και μεταφέρονται μακριά. Οι όρμοι έχουν αμμώδεις παραλίες, λόγω του μικρού κυματισμού που επικρατεί μέσα σ' αυτούς.

Το χειμώνα, όταν οι καταιγίδες ή θύελλες δημιουργούν μεγαλύτερα κύματα που θραύονται και μεγαλύτερη ζώνη κυματωγής, τα κύματα διαβρώνουν τις παραλίες και μεταφέρουν την ύλη έξω από την ακτή, όπου και σχηματίζουν παράκτιες αμμώδεις προσχώσεις ή προσχωματικά βέλη. Οι αμμώδεις παραλίες τείνουν να γίνουν στενότερες. Το καλοκαίρι τα κύματα μετακινούν προοδευτικά την άμμο πίσω προς την παραλία και τα παράκτια προσχωματικά βέλη ελαττώνονται. Οι αμμώδεις παραλίες τείνουν τότε να γίνουν πλατύτερες.

Τα επιμήκη, παράλληλα προς την ακτή, ρεύματα μετακινούν μεγάλες ποσότητες άμμου κατά μήκος της ακτής. Τα ρεύματα αυτά εναποθέτουν άμμο στην πλευρά μιας προκυμαίας, όπως δηλαδή είναι ένας κυματοθραύστης, μια προβλήτα κλπ., που είναι αντίθετη από την κατεύθυνση κινήσεώς τους, ενώ καταστρέφουν, διαβρώνουν, την πλευρά εκείνη που βρίσκεται προς την κατεύθυνση κινήσεώς τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

ΗΧΟΣ ΜΕΣΑ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ

6.1 Ο υποβρύχιος ήχος και ο ναυτιλλόμενος.

Η ευκρίνεια με την οποία ακούγονται οι ήχοι που συνοδεύουν την εισολκή της άγκυρας του πλοίου, τις κινήσεις των ελίκων του και άλλες υποβρύχιες κινήσεις κάτω από την ίσαλο και κοντά στο περίβλημά του, αποτελεί ένδειξη των ευνοϊκών ιδιοτήτων του θαλασσινού νερού, ως μέσου μεταδόσεως του ήχου. Το νερό είναι καλύτερος αγωγός μεταδόσεως του ήχου από ό,τι είναι ο αέρας, γιατί απορροφά λιγότερη ακουστική ενέργεια. Υπάρχουν διάφοροι τρόποι, με τους οποίους είναι δυνατή η χρησιμοποίηση του υποβρύχιου ήχου στην ναυσιπλοΐα.

Η κατεύθυνση μεταδόσεως των ηχητικών κυμάτων, μπορεί να προσδιορισθεί είτε με **αμφίπλευρα ακουστικά** (ακοή με δύο αυτιά) (binaural hearing), είτε με συσκευή, ή οποία έχει χαρακτηριστικά προσδιορισμού της κατευθύνσεως, παρόμοια με εκείνα της κατευθυνομένης κεραίας που χρησιμοποιείται σε ραδιομεταδόσεις. Οποιαδήποτε από τις δύο αυτές μεθόδους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της κατευθύνσεως, από την οποία προέρχεται γενικά ηχητικός θόρυβος, αλλά μόνο η δεύτερη μέθοδος χρησιμοποιείται στις ενεργητικές υποβρύχιες εντοπιστικές συσκευές σόναρ (sonar), για τον προσδιορισμό τόσο της κατευθύνσεως (διοπτεύσεως), όσο και της αποστάσεως εντοπισμού, μετά από τη λήψη ηχητικής ανακλάσεως κατευθυνόμενου σήματος, με τρόπο παρόμοιο προς το ραντάρ.

Η απόσταση μπορεί να προσδιορισθεί με μέτρηση:

- 1) Του χρόνου που μεσολαβεί μεταξύ εκπομπής ενός σήματος και επιστροφής της ανακλάσεώς του.
- 2) Του χρόνου που μεσολαβεί μεταξύ εκπομπής ενός σήματος και της λήψεώς του από κάποιο δεύτερο σταθμό.
- 3) Της διαφοράς χρόνου μεταξύ λήψεως ενός σήματος, το οποίο έχει μεταδοθεί μέσα από το νερό και άλλου που έχει μεταδοθεί μέσα από τον αέρα.
- 4) Της διαφοράς φάσεως μεταξύ δύο σημάτων ή της μεταβολής της φάσεως του σήματος, όταν επιστρέφει σαν αντανακλαστικό σήμα.
- 5) Της γωνίας λήψεως του αντανακλαστικού σήματος, το οποίο έχει παραχθεί σε κάποια άλλη θέση.

Η πρώτη μέθοδος χρησιμοποιείται στις ενεργητικές υποβρύχιες ηχητικές συσκευές, καθώς και στις συσκευές ηχητικής ανακλάσεως. Η τέταρτη και πέμπτη χρησιμοποιούνται στους αρχικούς τύπους συσκευών ηχητικής ανακλάσεως.

6.2 Πηγές παραγωγής του ήχου μέσα στους ωκεανούς.

Οι υποβρύχιοι ήχοι που προορίζονται για ναυτιλιακή χρήση παράγονται με έναν από τους εξής τρεις βασικούς τρόπους:

- 1) Κατόπιν κρούσεως, όπως με το χτύπημα μιας καμπάνας, ενός σημαντήρα ή και του πυθμένα του σκάφους.
- 2) Κατόπιν ταλαντώσεως, όπως με τη δόνηση, ή με τους παλμούς ενός διαφράγματος.
- 3) Κατόπιν εκρήξεως, όπως μιας βομβίδας ή βόμβας βάθους.

Αρκετοί θόρυβοι που δημιουργούνται συχνά από τον άνθρωπο μέσα στο νερό, όπως οι θόρυβοι που οφείλονται στη λειτουργία των κυρίων μηχανών προώθησης του πλοίου, μπορούν να εντοπισθούν με κατάλληλη ακουστική συσκευή. Επιπροσθέτως πολλοί θόρυβοι δημιουργούνται από ζώα που ζουν μέσα στον ωκεανό. Αρκετοί τύποι γαρίδας, μεγάλες ποσότητες της οποίας κατοικούν σε ορισμένες περιοχές, δημιουργούν θόρυβο που μοιάζει με κρότους, καθώς κινούν τα άκρα τους. Μερικά ψάρια κάνουν θόρυβο που μοιάζει με τσίρισμα (ή με ξύσιμο). Όταν τα οστρακόψαρα, τα οστρακοειδή, γίνονται λεία άλλων ψαριών, εκπέμπουν ήχο, καθώς το κελυφός τους θρυμματίζεται από τα δόντια του ψαριού που τα τρώει. Θόρυβοι που μοιάζουν με γρυλισμούς, παράγονται από πολλά είδη ψαριών, συνήθως με την κύστη πλευστότητάς τους. Τα δελφίνια, οι φώκιες και άλλα παρόμοια θαλάσσια ζώα παράγουν ήχους που έχουν υψηλό τόνο. Ήχοι διαφόρων συχνοτήτων και εύρους, εντάσεως, παράγονται από άλλες μορφές θαλάσσιας ζωής. Όπου η θαλάσσια ζωή παράγει ήχο αφθονεί πολύ, παρεμβάλλεται σαν θόρυβος στον εντοπισμό των ηχών που δημιουργούνται από τον άνθρωπο, προκαλώντας έτσι υψηλή αναλογία στη σχέση σήματος προς θόρυβο. Η επίδραση είναι παρόμοια με εκείνη του υψηλού επιπέδου του ατμοσφαιρικού θορύβου στις ραδιομεταδόσεις.

6.3 Ταχύτητα του ήχου μέσα στο θαλάσσιο νερό.

Τρεις μεταβλητές προσδιορίζουν την ταχύτητα (S) του ήχου μέσα σε ένα υγρό μέσο. Η πυκνότητα (ρ), η συμπιεστότητα (β) και η αναλογία ως προς τη σχέση μεταξύ ειδικής θερμότητάς του υγρού με σταθερή πίεση και της ειδικής θερμότητας με σταθερό όγκο (γ). Ο επόμενος τύπος είναι ικανοποιητικά ακριβής για τους περισσότερους σκοπούς της ναυσιπλοΐας:

$$S = \sqrt{\frac{\gamma}{\rho\beta}}$$

Η πυκνότητα και η ειδική θερμότητα έχουν συζητηθεί στις παραγράφους 1.9 και 1.12 αντίστοιχα. Η συμπιεστότητα αναφέρεται στη σχετική αλλαγή του

όγκου μετά από δεδομένη μεταβολή της πίεσεως. Η συμπιεστότητα του νερού είναι χαμηλή και συνεπώς η ταχύτητα του ήχου μέσα στο νερό είναι υψηλή. Η αναλογία ως προς τη σχέση της ειδικής θερμότητας περιλαμβάνεται στον τύπο, επειδή η ενέργεια της ηχητικής παλμώσεως μεταβάλλεται σύντομα σε θερμότητα και στη συνέχεια μετατρέπεται και πάλι σε κινητική (με μικρές απώλειες). Η αναλογία σπάνια υπερβαίνει το 1,02 μέσα στο θαλάσσιο νερό και γι' αυτό λαμβάνεται συνήθως ως μονάδα.

Για ατμοσφαιρική πίεση 29,92 ιντσών της στήλης υδραργύρου, θερμοκρασία 60°F και αλμυρότητα 35,85 μερών ανά χιλιάδα, η πυκνότητα του θαλασσινού νερού είναι 64 λίβρες ανά κυβικό πόδι και η συμπιεστότητα είναι περίπου 0,0000435 για κάθε ατμόσφαιρα (μία ατμόσφαιρα ισούται με 14,696 λίβρες ανά τετραγωνική ίντσα). Χρησιμοποιώντας τις τιμές αυτές και 32,174 πόδια ανά δευτερόλεπτο (για επιτάχυνση της βαρύτητας σε γεωγραφικό πλάτος 45°), καθώς και 144 τετραγωνικές ίντσες για κάθε τετραγωνικό πόδι, λαμβάνοντας δε γ ίσο με τη μονάδα έχουμε:

$$S = \sqrt{\frac{1,0 \times 32,174 \times 14,696 \times 144}{64 \times 0,0000435}} = 4945 \text{ ft/sec}$$

Ο ίδιος τύπος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό της ταχύτητας του ήχου στον αέρα. Για ατμοσφαιρική πίεση 29,92 και θερμοκρασία 60° F η πυκνότητα του αέρα είναι 0,0764 λίβρες ανά κυβικό πόδι και, επειδή ο αέρας είναι αέριο, η συμπιεστότητα είναι το αντίστροφο της πίεσεως. Λαμβάνοντας γ ίσο με 1,4 έχουμε:

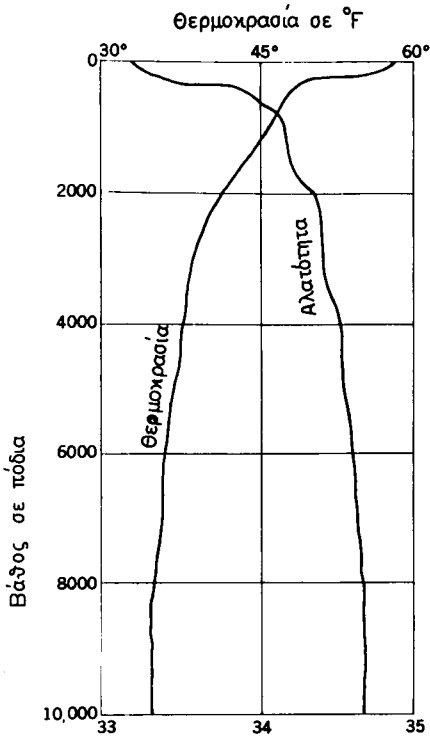
$$S = \sqrt{\frac{1,4 \times 32,174 \times 14,696 \times 144}{0,0764 \times 1}} = 1117 \text{ ft/sec}$$

Η ταχύτητα του ήχου μέσα στο νερό είναι περίπου 4,5 φορές μεγαλύτερη από την ταχύτητά του μέσα στον αέρα.

Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί μείωση τόσο της πυκνότητας όσο και της συμπιεστότητας, έχοντας έτσι ως αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας του ήχου. Μέσα στο νερό της θάλασσας η αύξηση της πίεσεως ή της αλμυρότητας δημιουργεί μικρή αύξηση της πυκνότητας και μεγαλύτερη ελάττωση της συμπιεστότητας, με αποτέλεσμα τελικά μια καθαρή αύξηση της ταχύτητας του ήχου.

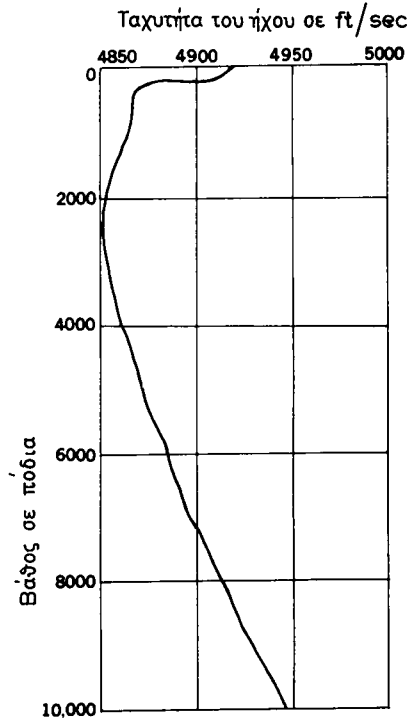
Έτσι στο θαλάσσιο νερό η αύξηση της θερμοκρασίας, της πίεσεως ή της αλμυρότητάς του έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας του ήχου. Μεταξύ των τριών αυτών παραμέτρων η θερμοκρασία ασκεί τη μεγαλύτερη επίδραση στην ταχύτητα του ήχου στις θαλάσσιες μεταδόσεις, στα ανώτερα προς την επιφάνεια στρώματα. Στα μεγαλύτερα βάθη η πίεση, στις δε παράκτιες περιοχές ειδικότερα οι μεταβολές της αλμυρότητας ίσως ασκούν την πιο μεγάλη επίδραση.

Φυσιολογικά η μεταβολή των τριών αυτών στοιχείων είναι πολύ πιο γρήγορη κατά τη διεύθυνση της κατακορύφου, από ό,τι είναι κατά την οριζόντια διεύθυνση. Η μεταβολή τους, με τη μεταβολή του βάθους, διαφέρει από θέση σε θέση.



Σχ. 6.3α.

Μεταβολή της θερμοκρασίας και αλμυρότητας με τη μεταβολή του βάθους της θάλασσας, σε μία θέση.



Σχ. 6.3β.

Τυπική μεταβολή της ταχύτητας του ήχου σε σχέση με το βάθος μέσα στον ωκεανό.

Αναφορικά με τη θερμοκρασία, το μεγαλύτερο τμήμα του ωκεανού θεωρείται ότι αποτελείται από τρία στρώματα, δηλαδή από το **στρώμα μίξεως** (mixed layer), το οποίο επηρεάζεται κυρίως από τη θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα που βρίσκεται από επάνω του, από το **στρώμα αποκλίσεως της θερμοκρασίας** (thermocline), μέσα στο οποίο η θερμοκρασία ελαττώνεται γρήγορα με την αύξηση του βάθους και από ένα σχεδόν ομοιόμορφο **στρώμα βάθους** (deep water layer). Τυπικές καμπύλες που απεικονίζουν την αλλαγή της θερμοκρασίας και της αλμυρότητας με την αλλαγή του βάθους, βλέπει κανείς στο σχήμα 6.3α. Η αύξηση της πίεσης με την αύξηση του βάθους είναι σχεδόν ομοιόμορφη. Η πίεση στα 10000 πόδια βάθος είναι περίπου διπλάσια από την πίεση στα 5000 πόδια και 10 φορές μεγαλύτερη από την πίεση στα 1000 πόδια. Τυπική καμπύλη της ταχύτητας του ήχου σε σχέση με το βάθος της θάλασσας φαίνεται στο σχήμα 6.3β. Στην περίπτωση αυτή υπάρχει μικρό στρώμα μίξεως ή δεν υπάρχει καθόλου, η δε θερμοκρασία ελαττώνεται ταχύτατα από την επιφάνεια της θάλασσας προς τα μεγαλύτερα βάθη· συνεπώς η ταχύτητα του ήχου ελαττώνε-

ται επίσης ταχύτητα αντιστοίχως. Κάτω από το βάθος ελαττώσεως της θερμοκρασίας η επίδραση της πίεσεως αποτελεί τον πρωταρχικό, τον κύριο παράγοντα, και συνεπώς η ταχύτητα του ήχου αρχίζει να αυξάνει, λόγω της αυξήσεως εκεί της πίεσεως. Σημειώστε ότι η ελάχιστη ταχύτητα του ήχου παρατηρείται στα 2400 πόδια βάθους θάλασσας. Αυτό είναι το βάθος του βαθέος ηχητικού διαύλου.

Η σπουδή της μεταδόσεως του ήχου από υποβρύχιες εκρήξεις δείχνει, ότι κοντά στο σημείο της εκρήξεως η ταχύτητα του ήχου ίσως είναι κάπως μεγαλύτερη από εκείνη που αναμένεται, πιθανόν λόγω της αυξημένης πίεσεως που δημιουργείται από την αναταραχή του νερού, η οποία οφείλεται στην έκρηξη. Η επίδραση αυτή εκτείνεται όμως σε τόσο μικρή απόσταση, ώστε είναι ασήμαντη για τις συνηθισμένες υποβρύχιες ηχητικές μεταδόσεις.

6.4 Ανάκλαση των υποβρυχίων ηχητικών κυμάτων.

Μέσα στο νερό, όπως και μέσα στον αέρα, ο ήχος ανακλάται, όταν προσπέσει πάνω σε εμπόδια που έχουν τη μορφή στερεών αντικειμένων ή αποτόμων ασυνεχειών. Έτσι ο ήχος ανακλάται στην επιφάνεια του βυθού, στην ακτή, στα ύφαλα των πλοίων, στην επιφάνεια της θάλασσας κλπ. Η αντανάκλαστική αυτή ενέργεια είναι εκείνη που χρησιμοποιείται στις συσκευές ηχητικής ανακλάσεως για τον προσδιορισμό του βάθους της θάλασσας, στα ηχοβολιστικά, καθώς και στις συσκευές σόναρ που προορίζονται για την ανεύρεση της αποστάσεως μεταξύ του σκάφους που φέρει τη συσκευή σόναρ και του αντικειμένου, επάνω στο οποίο έγινε η ανάκλαση της ηχητικής ενέργειας, όπως είναι κάποιο υποβρύχιο, οι εξάρσεις του βυθού κλπ.

Οι ανακλαστικές ιδιότητες των διαφόρων ουσιών διαφέρουν αξιοσημείωτα. Ο βράχος αντανάκλα όλο σχεδόν τον ήχο που προσκρούει στην επιφάνειά του, ενώ η μαλακή λάσπη τον απορροφά ή του επιτρέπει να την διατρέχει στο εσωτερικό της. Έτσι κατά την ηχητική ανάκλαση ένα στρώμα μαλακής λάσπης που βρίσκεται επάνω από βράχο ίσως προκαλέσει δύο ανακλάσεις, δείχνοντας έτσι εσφαλμένα δύο βάθη θάλασσας.

Τα ψάρια, ακόμη και τα πολύ μικρά θαλάσσια ζώα, ανακλούν επίσης τον ήχο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να χρησιμοποιούνται οι συσκευές ηχητικής ανακλάσεως, διάφοροι τύποι ηχοβολιστικών, ευρύτητα από τους ψαράδες, για να εντοπίζουν αγέλες ψαριών. Στα βαθιά νερά δεν είναι ασυνήθιστο να λαμβάνει μία συσκευή ηχητικής ανακλάσεως ανάκλαση από βάθος 200 οργυιών περίπου, χωρίς να υπάρχει βυθός ή άλλο αντικείμενο, το βάθος δε αυτό να γίνεται κάπως μικρότερο τη νύκτα, επειδή η ηχητική ενέργεια της εκπομπής ανακλάται επάνω σε πολυάριθμα μικρά θαλάσσια ζώα ή επάνω σε άλλη θαλάσσια ζωή. Το **βάθος φάντασμα** ή **θαθύ στρώμα διασποράς** (phantom bottom ή deep scattering layer), όπως ονομάζεται, αποτελεί χωρίς αμφιβολία την πηγή πολλών λανθασμένων αναφορών ηχητικού εντοπισμού ρηχών του βυθού.

Κάποια απότομη ασυνέχεια του μέσου, με το οποίο μεταδίδεται η ηχητική ενέργεια υποβρυχίως, προκαλεί επίσης ανάκλαση του ήχου. Έτσι μία συσκευή ηχητικής ανακλάσεως ίσως να εντοπίσει τη διαχωριστική, την οριακή, γραμμή μεταξύ ενός στρώματος γλυκού νερού, το οποίο βρίσκεται επάνω από στρώμα αλμυρού νερού που συναντάται συνήθως κοντά στο στόμιο ενός ποταμού.

Οξείες, ευκρινείς ηχητικές ανακλάσεις, που δηλώνουν με ακρίβεια τα βάθη της θάλασσας, είναι δύσκολο να αποκτηθούν, αν η ανάκλαση γίνεται επάνω σε πολύ ανώμαλες επιφάνειες των βυθών. Συνεπώς πρέπει να καταβάλλεται ουσιαστική προσπάθεια για τη διάκριση των ορθών ηχοβολήσεων κατά την αξιολόγησή τους, αν αυτές έχουν ληφθεί επάνω από επιφάνεια βυθού που έχει ανάγλυφο υψηλού βαθμού, με πολλές δηλαδή ανωμαλίες.

6.5 Διάθλαση των υποβρυχίων ηχητικών κυμάτων.

Ο νόμος της διαθλάσεως, όπως εφαρμόζεται στο φως και στα ραδιοκύματα, εφαρμόζεται επίσης και στον ήχο. Λόγω των διαφορών της ταχύτητας του ήχου μέσα στο θαλασσινό νερό, το ηχητικό κύμα, καθώς προχωρεί κατά τη μετάδοσή του, διαθλάται προς την κατεύθυνση της περιοχής της μικρότερης ηχητικής ταχύτητας. Αν ο ήχος ταξιδεύει κάθετα προς τα κάτω, όπως συμβαίνει στα ηχοβολιστικά, η επίδραση της διαθλάσεως είναι σχετικά μικρή, γιατί τα στρώματα του νερού, μέσα στα οποία η ταχύτητα του ήχου μεταβάλλεται, λόγω της διαφορετικής τους πυκνότητας, είναι περίπου οριζόντια. Αν η κατεύθυνση διαδρομής του ήχου είναι χωρίς αποκλίσεις προς την επιφάνεια ή το στρώμα διαθλάσεως, διάθλαση δεν πραγματοποιείται.

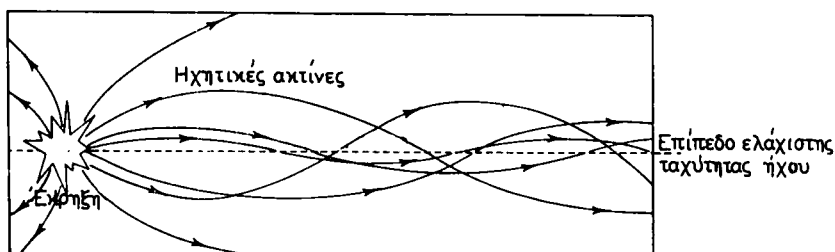
Η ηχητική δέσμη που εκπέμπεται από μια πηγή προς τα έξω θα αρχίσει τη διαδρομή της με κάποια συγκεκριμένη ταχύτητα ήχου, η ταχύτητα όμως αυτή, είτε θα αυξηθεί είτε θα ελαττωθεί, καθώς η δέσμη μεταδίδεται μέσα σε νερά με διαφορετικές θερμοκρασίες, αλμυρότητα ή πίεση. Η δέσμη θα διαθλασθεί προς την περιοχή, όπου η ταχύτητα του ήχου είναι μικρότερη. Μέσα στο επιφανειακό στρώμα μίξεως η διαβάθμιση της θερμοκρασίας είναι ισόθερμη και συνεπώς η ταχύτητα του ήχου αυξάνεται με την αύξηση του βάθους της θάλασσας, λόγω της επιδράσεως της πιέσεως.

Η ηχητική δέσμη μέσα σε εκείνο το στρώμα θα διαθλασθεί με κατεύθυνση προς τα επάνω, προς την επιφάνεια της θάλασσας, από όπου όμως θα ανακλασθεί στη συνέχεια προς τα κάτω, προς τα μεγαλύτερα βάθη. Οι ηχητικές δέσμες είναι δυνατόν να παγιδευθούν έτσι μέσα στο στρώμα μίξεως και να δημιουργήσουν ένα **επιφανειακό ηχητικό αγωγό**. Αν η δέσμη περάσει κάτω από το στρώμα μίξεως και κινηθεί μέσα στο στρώμα αποκλίσεως της θερμοκρασίας, θα βρίσκεται πλέον τότε μέσα σε περιοχή, όπου η ταχύτητα του ήχου θα ελαττώνεται πολύ γρήγορα με την αύξηση του βάθους, λόγω της ελαττώσεως της θερμοκρασίας. Μέσα στο στρώμα αποκλίσεως της θερμοκρασίας οι ηχητικές δέσμες διαθλώνται απότομα προς τα κάτω. Οι εμβέλειες των σόναρ μπορεί να είναι εκεί πολύ μικρές. Η περιοχή αυτή ονομάζεται **σκιασμένη ζώνη**.

Στην τυπική διανομή της ταχύτητας του ήχου με την αύξηση του βάθους, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.3β, η ταχύτητα αυτή ελαττώνεται, καθώς το βάθος της θάλασσας αυξάνει, μέχρις ότου λάβει ελάχιστη τιμή σε κάποιο επίπεδο, κάτω από την επιφάνεια του νερού, πλην όμως κάτω από αυτό το επίπεδο η ταχύτητα του ήχου αυξάνει. Στο σχήμα 6.3β παρατηρείται ελάχιστη ταχύτητα στο βάθος των 2400 ποδιών περίπου. Στις τροπικές θάλασσες το επίπεδο αυτό της ελάχιστης ταχύτητας ίσως βρίσκεται σε βάθος 6000 πόδια, ενώ στις πολικές περιοχές ίσως βρίσκεται κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας, σε

μηδενικό περίπου βάθος. Το επίπεδο αυτό της ελάχιστης ταχύτητας ονομάζεται **βαθύς ηχητικός δίαυλος** (deep sound channel). Ο ήχος που παράγεται σε οποιοδήποτε επίπεδο τείνει να διαθλασθεί προς το επίπεδο της ελάχιστης θερμοκρασίας και να παραμείνει εκεί, γιατί, καθώς προσπαθεί να το εγκαταλείψει, διαθλάται πίσω προς αυτό, όπως φαίνεται στο σχήμα 6.5. Η συνθήκη που προαναφέρθηκε δεν έχει σχέση βέβαια με τον ήχο που μεταδίδεται κατακόρυφα. Αν ο ήχος παράγεται σε αυτό το επίπεδο της ελάχιστης θερμοκρασίας, όπως ύστερα από έκρηξη μιας οποιασδήποτε βόμβας ή μιας βομβίδας βάθους, τα ηχητικά κύματα αρχίζουν να μετακινούνται προς τα έξω, σαν σφαίρες που αυξάνουν το σχήμα τους, οι πιο πολλές όμως ηχητικές ακτίνες διαθλώνται προς τα πίσω, προς το επίπεδο δηλαδή της ελάχιστης ταχύτητας. Λόγω αυτής της επιδράσεως ο ήχος ίσως μεταδίδεται σε μεγάλες αποστάσεις με σχετικά μικρή ελάττωση της εντάσεώς του. Υδρόφωνο ή άλλο ακουστικό μηχάνημα που έχει τοποθετηθεί κοντά στο επίπεδο αυτό, έχει εντοπίσει ήχους που παράγονται χιλιάδες μίλια μακριά.

Οι ηχητικές δέσμες που διαπερνούν το βαθύ ηχητικό δίαυλο, χωρίς να παγιδευθούν, συνεχίζουν τη διαδρομή τους προς περιοχές που προκαλούν αύξηση της ταχύτητάς τους. Αν το βάθος της θάλασσας είναι αρκετά μεγάλο, οι δέσμες θα διαθλασθούν προς τα επάνω, με κατεύθυνση προς την επιφάνεια του νερού. Αν αυτό συμβεί, η ηχητική ενέργεια συγκλίνει κοντά στην επιφάνεια και έτσι επιτυγχάνονται ηχητικές εμβέλειες ακόμη και 30 ναυτικών μιλίων. Η περιοχή αυτή είναι η **ζώνη της ηχητικής συγκλίσεως** (convergence zone). Ο εντοπισμός της ζώνης ηχητικής συγκλίσεως έχει μεγάλη σπουδαιότητα στις σύγχρονες εφαρμογές σόναρ.



Σχ. 6.5.

Διαδρομή των ηχητικών ακτίνων κατά μήκος του ελάχιστου ηχητικού επιπέδου.

6.6 Αραίωση του ήχου.

Καθώς ο ήχος εκπέμπεται από κάποια πηγή, η ενέργειά του κατά τη διαδρομή χάνεται ή αραιώνεται, λόγω ανακλάσεως των ηχητικών του ακτίνων, διασποράς τους ή απορροφήσεως.

Η ηχητική δέσμη που ανακλάται επάνω στην επιφάνεια του βυθού ή επάνω στην επιφάνεια της θάλασσας χάνει ενέργεια. Παρά το γεγονός επίσης ότι η

ηχητική ενέργεια είναι συγκεντρωμένη κοντά στην ηχητική πηγή, καθώς η εμβέλεια αυξάνει, ή ίδια αυτή ενέργεια διασπείρεται επάνω σε μία σφαίρα, της οποίας ακτίνα είναι η εμβέλεια, και συνεπώς παρατηρούνται και πάλι αραιώσεις του ήχου, δηλαδή απώλειες της ενέργειας. Η τιμή της απορροφήσεως εξαρτάται από τη συχνότητα. Η υψηλή ηχητική συχνότητα απορροφάται περισσότερο από τη χαμηλή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

ΠΑΓΟΣ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ

7.1 Ο πάγος ναυτιλλόμενος.

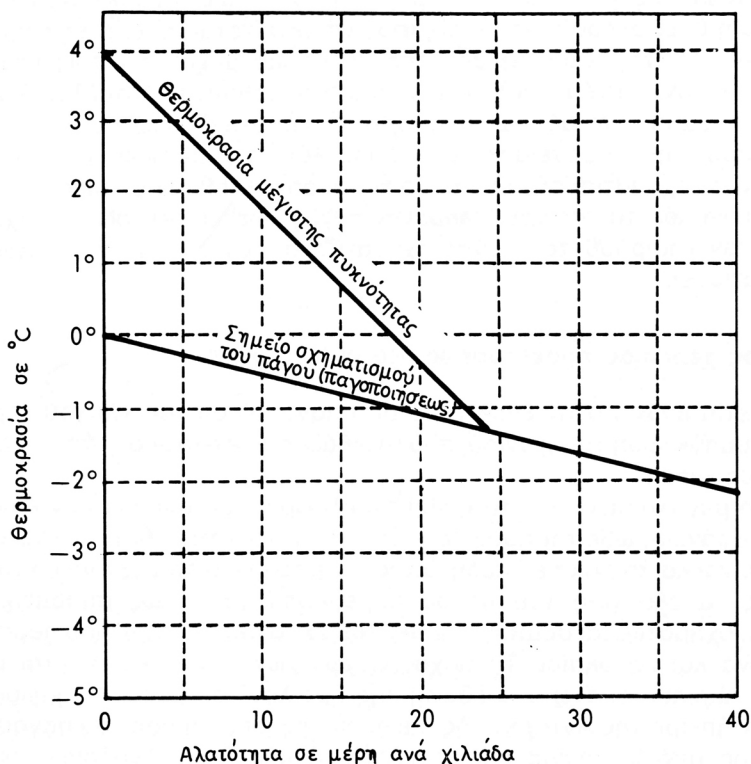
Από τα αρχαία χρόνια ο θαλάσσιος πάγος (sea ice) προβάλλεται σαν πρόβλημα στον ναυτιλλόμενο που πλέει σε πολικές περιοχές. Ο Πυθέας από τη Μασσαλία παρατήρησε μια παράξενη ουσία, που όπως την περιέγραψε, «δεν ήταν ξηρά, ούτε αέρας, ούτε νερό». Η ουσία αυτή επέπλεε, εκάλυπτε δε τη βορειότερη θάλασσα, επάνω από την οποία ο καλοκαιρινός ήλιος μόλις και με δυσκολία έδυε. Ο Πυθέας ονόμασε αυτή την ερημική περιοχή Θούλη, έκτοτε δε έχει επικρατήσει να λέγεται και Έσχατη Θούλη (Ultima Thule) (η πιο μακρινή δηλαδή τοποθεσία προς το βορρά ή το τέλος της ξηράς). Έτσι άρχισαν από τότε 20 αιώνες πολικής εξερευνήσεως.

Ο πάγος αφορά άμεσα το ναυτιλλόμενο, επειδή: Περιορίζει και μερικές φορές ελέγχει τις κινήσεις του. Επηρεάζει το στίγμα αναμετρήσεως του πλοίου, γιατί εξαναγκάζει σε συχνές και μερικές φορές ανακριβείς αλλαγές πορείας και ταχύτητας. Επηρεάζει την πλοήγηση, προκαλώντας μεταβολές στην εμφάνιση των καταφανών σημείων της ξηράς ή εξαλείφοντας τα χαρακτηριστικά τους και δημιουργώντας δυσκολίες στην τοποθέτηση και συντήρηση των ναυτιλιακών βοηθημάτων. Επηρεάζει και πάλι τη χρησιμοποίηση των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών βοηθημάτων, λόγω της επιδράσεως που ασκεί στη μετάδοση των ραδιοκυμάτων και των αλλαγών που προκαλεί, τόσο στα χαρακτηριστικά της επιφάνειας της περιοχής, όσο και στα επιστρεφόμενα ραδιοκύματα από ανακλάσεις επάνω σε τέτοια χαρακτηριστικά. Επηρεάζει επίσης την αστρονομική ναυτιλία μεταβάλλοντας την ατμοσφαιρική διάθλαση και επισκιάζοντας τόσο τον ορίζοντα, όσο και τα ουράνια σώματα, είτε κατ' ευθείαν, είτε με την επίδραση που ασκεί επάνω στη διαμόρφωση του καιρού. Τέλος επηρεάζει τους ναυτικούς χάρτες, δημιουργώντας διάφορες δυσκολίες στους υδρογράφους, που τους κατασκευάζουν.

Λόγω του άμεσου ενδιαφέροντος που παρουσιάζει ο πάγος στο ναυτιλλόμενο που πρόκειται να ταξιδέψει σε πολικές περιοχές, είναι απαραίτητο να εξοικειωθεί αυτός με τη φυσιολογία του και την επέκτασή του επάνω στις περιοχές που πρόκειται να διαπλεύσει. Έχοντας αυτό τον σκοπό, θα πρέπει να συμβουλευθεί τις οδηγίες πλου (sailing directions) για την περιοχή, καθώς και οποιαδήποτε άλλη βιβλιογραφία είναι διαθέσιμη, περιλαμβανομένων και των αναφορών από προηγούμενα ταξίδια στην ίδια περιοχή.

7.2 Σχηματισμός του πάγου.

Καθώς το νερό ψύχεται, συστέλλεται, μέχρις ότου η ψύξη φθάσει τη θερμοκρασία της μέγιστης πυκνότητας. Η ψύξη που συνεχίζεται περισσότερο προκαλεί διαστολή. Η μέγιστη πυκνότητα του γλυκού νερού αντιστοιχεί σε θερμοκρασία 4°C ($39,2^{\circ}\text{F}$) και το νερό μετατρέπεται σε πάγο στους 0°C (32°F). Η προσθήκη αλατιού κατεβάζει τόσο τη θερμοκρασία της μέγιστης πυκνότητας όσο, αλλά σε μικρότερο βαθμό, και το σημείο, στο οποίο το νερό μετατρέπεται σε πάγο. Οι συσχετίσεις αυτές φαίνονται στο σχήμα 7.2. Οι δυο γραμμές συναντώνται σε αλμυρότητα 24,7 μερών ανά χιλιάδα, στην οποία παρατηρείται μέγιστη τιμή της πυκνότητας στη θερμοκρασία παγοποίησης των $-1,3^{\circ}\text{C}$ ($29,61^{\circ}\text{F}$). Στην αλμυρότητα αυτή ή σε μεγαλύτερες, η πυκνότητα αυξάνει δεξιά κάτω, προς το σημείο παγοποίησης. Σε αλμυρότητα 35 μερών ανά χιλιάδα, η οποία είναι άλλωστε ο μέσος όρος της αλμυρότητας των ωκεανών, το σημείο παγοποίησης του θαλασσίου νερού είναι $-1,88^{\circ}\text{C}$ ($28,6\text{F}$).



Σχ. 7.2.

Σχέση μεταξύ θερμοκρασίας μέγιστης πυκνότητας και σημείου παγοποίησης, για νερά των οποίων η αλμυρότητα μεταβάλλεται.

Καθώς η πυκνότητα του θαλάσσιου νερού της επιφάνειας αυξάνει με την ελάττωση της θερμοκρασίας, προκαλούνται ρεύματα πυκνότητας, τα οποία μεταφέρουν θερμότερο νερό και λιγότερο πυκνό από τα χαμηλότερα στρώματα της θάλασσας προς την επιφάνεια. Αν οι πολικές θάλασσες αποτελούνταν από νερό με σταθερή αλμυρότητα, ολόκληρη η υδάτινη στήλη τους θα έπρεπε να ψύχεται προς το σημείο παγοποίησης (σημείο πήξεως) με αυτή τη διαδικασία, πριν αρχίσει να σχηματίζεται ο πάγος. Βέβαια, αυτή η προϋπόθεση δεν είναι η περίπτωση που συναντάται στις πολικές περιοχές, όπου η κατακόρυφη διανομή της αλμυρότητας είναι τέτοια, ώστε κάτω από τα επιφανειακά νερά και σε μικρό βάθος από αυτά να βρίσκονται νερά με υψηλότερη αλμυρότητα. Στην πραγματικότητα λοιπόν τα ρεύματα πυκνότητας σχηματίζουν ένα αβαθές μικρό στρώμα, το οποίο όμως με τη σειρά του δεν μπορεί να αναμιχθεί με το υπόλοιπο βαθύ στρώμα νερού, που βρίσκεται από κάτω του και είναι θερμότερο μεν από το επιφανειακό αλλά αλμυρότερο. Ο πάγος έτσι αρχίζει να σχηματίζεται τότε στο επιφανειακό νερό, όταν παύσουν τα ρεύματα πυκνότητας να προκαλούν την περαιτέρω ανάμιξη και η θερμοκρασία του επιφανειακού νερού κατέλθει στο σημείο πήξεώς του. Σε αβαθείς θαλάσσιες περιοχές η διαδικασία αναμίξεως μπορεί να είναι αρκετά έντονη και τόση, ώστε η θερμοκρασία παγοποίησης να εκτείνεται σε όλη τη στήλη του νερού, από την επιφάνεια δηλαδή της θάλασσας μέχρι την επιφάνεια του βυθού. Για το λόγο αυτό είναι δυνατόν να σχηματισθούν κρύσταλλοι πάγου σε οποιοδήποτε βάθος των αβαθών περιοχών. Οι κρύσταλλοι εξάλλου τείνουν να ανέλθουν προς την επιφάνεια της θάλασσας, λόγω της μειωμένης πυκνότητάς τους, εκτός αν σχηματισθούν στο βυθό και προσκολληθούν σ' αυτόν. Ο πάγος αυτός, που ονομάζεται **αγκυροβολημένος πάγος** (anchor ice), ίσως συνεχίζει να αυξάνει, όταν επιπρόσθετος πάγος σχηματίζεται κοντά σε εκείνον, που έχει ήδη σχηματισθεί.

7.3 Ο πάγος χερσαίας προελεύσεως (ice of land origin).

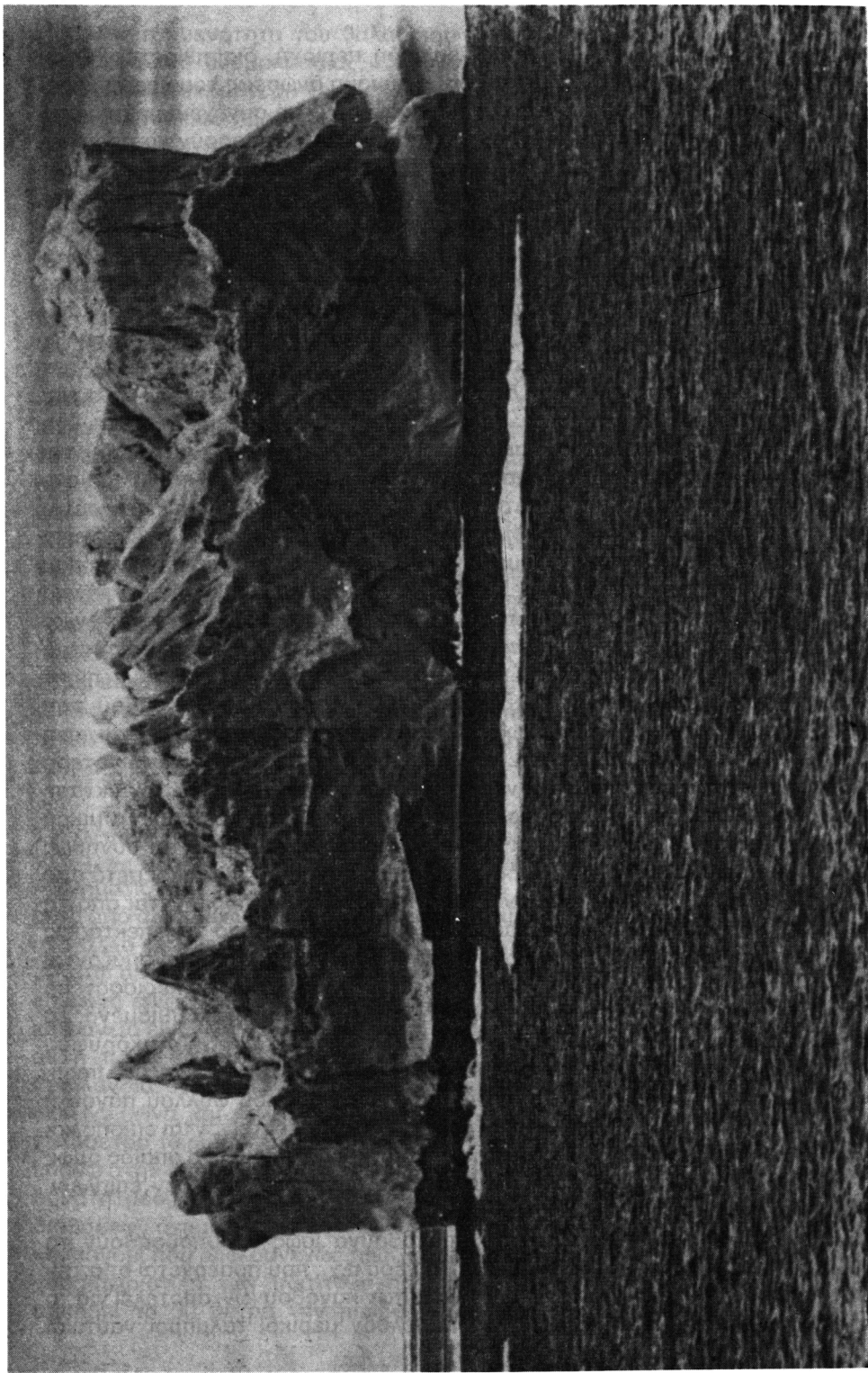
Σχηματίζεται επάνω στην ξηρά μετά από παγοποίηση του γλυκού νερού ή μετά από συμπύκνωση του χιονιού, που στοιβάζεται σε στρώματα το ένα επάνω στο άλλο με πίεση.

Κάτω από μεγάλη πίεση ο πάγος γίνεται ελαφρά πλαστικός και αν καλύπτει επικλινή επιφάνεια, ωθείται προς τα έξω ή προς τα κάτω. Αν μια εκτεταμένη επιφάνεια είναι και σχετικά επίπεδη, όπως είναι το υψίπεδο της Ανταρκτικής, ή αν η προς τα έξω ροή του πάγου παρεμποδίζεται, όπως συμβαίνει στη Γροιλανδία, σχηματίζεται συμπαγές **επικάλυμμα πάγου** (ice cap), που παραμένει εκεί χειμώνα και καλοκαίρι. Το πάχος αυτών των πάγων κυμαίνεται από 1 χιλιόμετρο περίπου επάνω στα εδάφη της Γροιλανδίας μέχρι 4,5 χιλιόμετρα επάνω στην ήπειρο της Ανταρκτικής. Σε περιοχές, όπου η ροή του πάγου είναι δυνατή μέσα από φαράγγια και λαγκαδιές ή μέσα από ανάλογες ορεινές διαβάσεις, σχηματίζεται παγετώνας (glacier). Ο παγετώνας είναι μάζα χιονιού και πάγου, που ρέει συνεχώς προς χαμηλότερα επίπεδα, έχοντας πολλά από τα χαρακτηριστικά των υδάτινων ποταμών. Η ταχύτητα της ροής μπορεί να υπερβεί τα 30 μέτρα την ημέρα, αλλά συνήθως είναι μικρότερη. Όταν ο

παγετώνας φθάσει σε μια συγκριτικά επίπεδη περιοχή, διασπείρεται. Όταν όμως φθάσει ρέοντας μέσα στη θάλασσα, η δύναμη ανώσεως του νερού κόβει τεμάχιά του από καιρό σε καιρό, τα οποία επιπλέουν στη συνέχεια μακριά από τον παγετώνα σαν παγόβουνα (icebergs). Τα παγόβουνα μπορούν να περιγραφούν σαν όγκοι σχήματος θόλου, όπως είναι δηλαδή ο τρούλος μιας εκκλησίας, ή σαν όγκοι κεκλιμένοι ή σχήματος πυργίσκου (σχ. 7.3α) ή τραπεζοειδούς (σχ. 7.3β) ή σαν παγόβουνα παγετώνα ή σαν ανεμοδαρμένοι όγκοι με ακανόνιστο σχήμα.

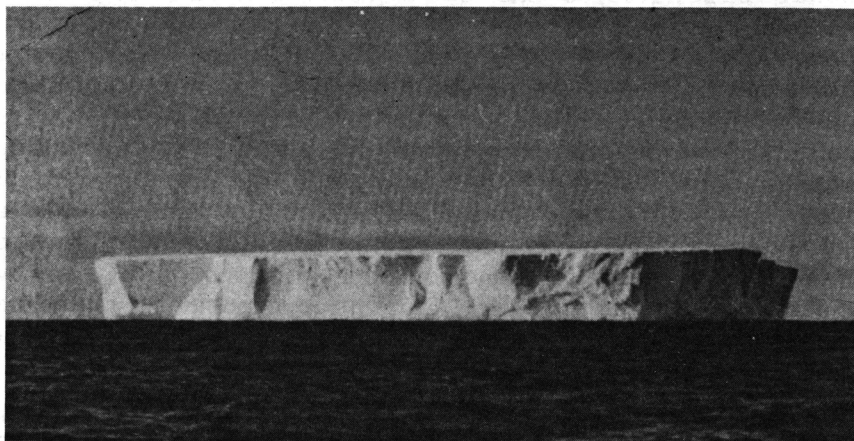
Το παγόβουνο σπάνια λειώνει ομοίμορφα, λόγω ελλείψεως ομοιομορφίας στην ίδια μάζα του πάγου, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας επάνω και κάτω από την υδάτινη γραμμή, λόγω της εκθέσεως της μιας πλευράς του στον ήλιο, λόγω των διαφόρων δυνάμεων που εφαρμόζονται επάνω του, λόγω των ρωγμών του, λόγω της μηχανικής διαβρώσεώς του κλπ. Η περιεκτικότητα του παγόβουνου σε τεμάχια βράχων, σε λάσπη και σε άλλου είδους ξένη ύλη τονίζει ακόμη περισσότερο τις διαφορές. Αποτέλεσμα είναι να προκαλούνται αλλαγές στην ισορροπία του, οι οποίες με τη σειρά τους προκαλούν κλίση στο παγόβουνο ή ανατροπή του. Τμήματά του ίσως να θραύονται ακόμη περισσότερο και να **δημιουργούν άλλα ακόμη μικρότερα** παγόβουνα και ανεξάρτητα μεταξύ τους (calves). Ένα σχετικά μεγάλο κομμάτι πάγου, που επιπλέει και που γενικά εκτείνεται κατά το ύψος μεν από 1-5 μέτρα επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, κατά δε την έκταση συνήθως γύρω στα 100-300 τετραγωνικά μέτρα, ονομάζεται **μικρό τεμάχιο παγόβουνου** (bergy bit). Το ακόμη μικρότερο τεμάχιο πάγου, πλην όμως αρκετά μεγάλο, ώστε να προκαλεί σοβαρές ζημιές σε πλοίο, ονομάζεται **θορυβώδης πάγος** (growler), λόγω του θορύβου που μερικές φορές δημιουργεί, καθώς αναταράσσεται και σείεται μέσα στη θάλασσα. Οι θορυβώδεις πάγοι εκτείνονται ως προς το ύψος τους μεν λιγότερο από 1 μέτρο επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, ως προς δε την έκταση που καταλαμβάνουν συνήθως μέχρι 20 τετραγωνικά μέτρα περίπου. Τα μικρά τεμάχια παγόβουνου, καθώς και οι θορυβώδεις πάγοι, προέρχονται συνήθως από τεμαχισμό παγόβουνου, είναι όμως πιθανό να σχηματίζονται και μετά από την τήξη του. Ο κυριότερος κίνδυνος από τα παγόβουνα προέρχεται από τη τάση τους να θραύονται ή να αλλάζουν θέση, καθώς και από τις επεκτάσεις τους, που είναι δυνατό να δημιουργούνται υποβρυχίως και που ονομάζονται **έμβολα** (rams). Τα έμβολα αυτά σχηματίζονται συνήθως, λόγω της περισσότερο εκτεταμένης τήξεως ή διαβρώσεως του τμήματος που δεν είναι βυθισμένο. Τα έμβολα επίσης είναι δυνατόν να εκτείνονται και από τα άκρα κατακόρυφου **κρημνώδους πάγου** (ice cliff), ο οποίος ονομάζεται και **μέτωπο πάγου** (ice front), και αποτελεί την πρόσοψη προς τη θάλασσα ενός μαζικού φύλλου πάγου ή παγετώνα, που επιπλέει. Έμβολα είναι ίσως δυνατόν να εκτείνονται επίσης και από **τοιχο πάγου** ((ice wall), που είναι κρημνώδης και πάλι πάγος, ο οποίος όμως αποτελεί το περιθώριο προς τη θάλασσα ενός παγετώνα, που δεν επιπλέει, αλλά εκτείνεται μέχρι το βυθό της θάλασσας.

Όσο και αν φαίνεται παράξενο, τα παγόβουνα ίσως να υποβοηθούν το ναυτιλλόμενο κατά διαφόρους τρόπους. Το νερό π.χ., που προέρχεται από την τήξη του πάγου και βρίσκεται στην επιφάνεια των παγόβουνων, αποτελεί για το ναυτιλλόμενο πηγή γλυκή νερού. Στο παρελθόν μερικοί τολμηροί ναυτικοί



Σχ. 7.3α.
Παγόβουνο με μορφή πυργίσκου.

χρησιμοποιούσαν τα παγόβουνα σαν ρυμουλκά των πλοίων τους, για να ρυμουλκηθούν έξω από τις παγωμένες εκτάσεις, προς την ανοικτή θάλασσα, επειδή αυτά επηρεάζονται περισσότερο από τα ρεύματα παρά από τον άνεμο.



Σχ. 7.36.
Τραπεζοειδές παγόβουνο.

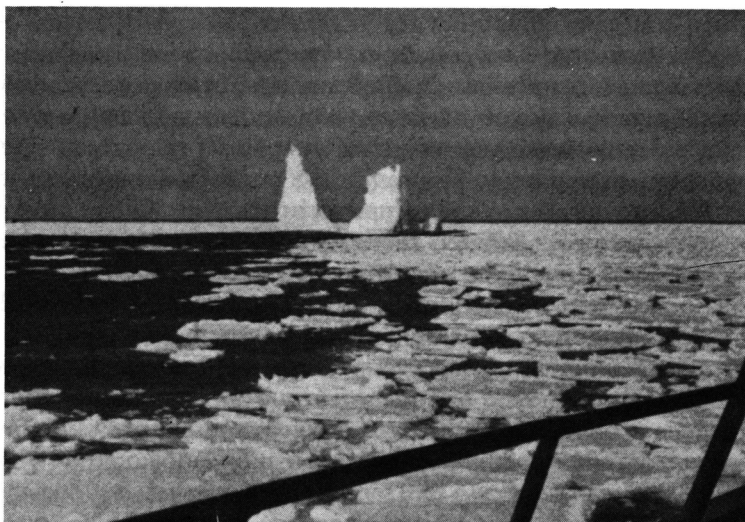
7.4 Ο θαλάσσιος πάγος (sea ice).

Σχηματίζεται από την παγοποίηση του νερού και αποτελεί το 95% όλων των πάγων που συναντά ο άνθρωπος στη θάλασσα. Πρώτη ένδειξη σχηματισμού του **νέου θαλάσσιου πάγου** (new sea ice) (πάχους μέχρι 10 εκατοστά), αποτελεί η ανάπτυξη μικρών ανεξαρτήτων κρυστάλλων πάγου, που έχουν το μέγεθος βελόνας περίπου, και οι οποίοι ονομάζονται **κόκκοι** (spicules). Κρέμονται στα κορυφαία στρώματα νερού της επιφάνειας της θάλασσας, σε στρώματα δηλαδή που έχουν βάθος λίγων εκατοστών του μέτρου και μόνο. Οι κόκκοι αυτοί, γνωστοί σαν **κόκκοι frazil**, προσδίδουν στην επιφάνεια της θάλασσας εμφάνιση, που μοιάζει με λάδι. **Λιπαρός πάγος** (grease ice) σχηματίζεται, όταν οι κόκκοι πήζουν και δημιουργούν στρώμα στην επιφάνεια που μοιάζει με σούπα. Έτσι προσδίδουν στη θάλασσα εμφάνιση, που δεν είναι στιλπνή. Το επόμενο στάδιο στη διαδικασία σχηματισμού του θαλάσσιου πάγου είναι η δημιουργία μετά από το λιπαρό πάγο ενός σωρού από **σπογγώδη λευκό πάγο** (shuga), με μορφή θώλου και με μάζα πάχους λίγων εκατοστών. Η παγοποίηση συνεχίζεται μετά από το σχηματισμό του λιπαρού και σπογγώδους πάγου, εφόσον και η ψύξη συνεχίζεται, και ανάλογα με την έκθεση της περιοχής στον άνεμο και την κατάσταση της θάλασσας ως προς τον κυματισμό και την αλμυρότητα. Η παγοποίηση αυτή καταλήγει στο σχηματισμό **ελαστικής κρούστας** (nilas) υψηλής αλμυρότητας, πάχους μέχρι 10 εκατοστά, με επιφάνεια που δεν είναι επίσης στιλπνή, ή καταλήγει σε **φλοιό πάγου** (ice rind), που είναι μια εύθραυστη,

λαμπερή κρούστα χαμηλής αλμυρότητας, με πάχος που δεν υπερβαίνει τα 5 εκατοστά περίπου. Το στρώμα πάγου που προέρχεται από γλυκό νερό και έχει πάχος 5 εκατοστά είναι επίσης εύθραυστο, αλλά είναι και αρκετά ισχυρό, για να συγκρατήσει το βάρος ενός χονδρού ανθρώπου. Αντίθετα το ίδιο πάχος, θαλασσινού όμως πάγου, δεν μπορεί να συγκρατήσει, παρά μόνο το 10% αυτού του βάρους και παρά το ότι η δύναμή του ποικίλλει ανάλογα με τις θερμοκρασίες, στις οποίες σχηματίζεται. Ο πολύ ψυχρός πάγος υποστηρίζει μεγαλύτερο βάρος από τον θερμότερο. Καθώς ο θαλάσσιος πάγος ενηλικιώνεται, γίνεται σκληρότερος και λαμπρότερος.

Νέος πάγος είναι δυνατό να δημιουργείται και από **πολτό χιονιού** (slush), που σχηματίζεται όταν το χιόνι πέφτει επάνω σε θαλασσινό νερό, το οποίο βρίσκεται μεν κοντά στη θερμοκρασία του σημείου πήξεως, αλλά είναι ψυχρότερο από το σημείο τήξεως του χιονιού. Το χιόνι τότε δεν λιώνει, αλλά επιπλέει επάνω στην επιφάνεια της θάλασσας και παρασύρεται με τον άνεμο προς διάφορες κλειστές περιοχές. Αν τότε η θερμοκρασία πέσει κάτω από το σημείο πήξεως της θάλασσας, ο πολτός του χιονιού παγοποιείται σύντομα σε μια μορφή μαλακού πάγου, όμοιου με το σπογγώδη λευκό πάγο.

Ο θαλάσσιος πάγος εκτίθεται σε διάφορες δυνάμεις, στις οποίες περιλαμβάνονται τα ρεύματα, η κίνηση των κυμάτων, οι παλίρροιες, ο άνεμος και οι διαφορές της θερμοκρασίας. Στα πρώτα στάδια της παγοποίησης η πλαστικότητα του πάγου επιτρέπει τη διαμόρφωση με ευκολία και αμεσότητα οποιουδήποτε σχήματος επιβάλλεται από τις δυνάμεις που ενεργούν επάνω του. Καθώς ο πάγος αποκτά μεγαλύτερη ηλικία, μεγαλύτερο πάχος, περισσότερη λαμπρότητα και καθώς εκτίθεται στην επίδραση του ανέμου και της ενέργειας των κυμάτων, νέος πάγος συνήθως απομονώνεται και ξεχωρίζει σε κυκλικά τεμάχια, διαμέτρου από 30 εκατοστά έως 3 μέτρα και πάχους μέχρι 10 εκατοστά περίπου, με ανυψωμένα άκρα, από μεμονωμένα τμήματα του παλαιού αυτού πάγου που χτυπούν το ένα επάνω στο άλλο μεταξύ τους και τεμαχίζονται κυκλικά. Τα κυκλικά αυτά τεμάχια ονομάζονται **τηγανίτα πάγου** (pancake ice) (σχ. 7.4) και είναι δυνατό να θραύονται σε ακόμη μικρότερα τεμάχια μετά από ισχυρό κυματισμό. Οποιοδήποτε μεμονωμένο τεμάχιο πάγου, που έχει σχετικά επίπεδη μορφή και είναι μικρότερο από 20 μέτρα ως προς το πλάτος του, ονομάζεται **πλάκα** ή **κέικ πάγου** (ice cake). Εφόσον οι χαμηλές θερμοκρασίες συνεχίζονται, οι μεμονωμένες τηγανίτες και πλάκες θα παγώνουν πλέον μαζί, σχηματίζοντας έτσι φύλλο ενιαίου πάγου, ή θα ενώνονται σε κομμάτια, που θα έχουν πλάτος 20 μέτρα ή και μεγαλύτερο. Τα αποτελέσματα όμως αυτά θα εξαρτώνται από τα στοιχεία του ανέμου στην περιοχή, καθώς και από την κίνηση των κυμάτων. Τα μεγαλύτερα πάντως τεμάχια ονομάζονται **φύλλα πάγου που επιπλέουν** (ice floes), τα οποία είναι δυνατό επίσης να εξακολουθούν να παγώνουν μαζί και να σχηματίζουν έτσι μια εκτεταμένη περιοχή καλυμμένη ολόκληρη από πάγο, πλάτους μεγαλύτερου ακόμη και από 10 χιλιόμετρα, γνωστή σαν **πεδίο πάγου** (ice field). Σε περιοχές που προστατεύονται από τον άνεμο ο πάγος που αρχίζει να αυξάνει ως προς το πάχος του σχηματίζει συνήθως ένα συνεχές φύλλο, πριν ακόμη μπορέσει και αναπτυχθεί στη χαρακτηριστική μορφή της πλάκας. Όταν ο θαλάσσιος πάγος φθάσει σε πάχος 10-30 εκατοστά χαρακτηρίζεται σαν **πάγος φαιού χρώματος** (γκρι) (grey ice) και



Σχ. 7.4.

Πάγος τηγανίτα με ένα παγόβουνο στο βάθος.

πάγος χρώματος φαιού-λευκού (grey-white ice) ή συλλογικά σαν **πάγος νεαρής ηλικίας** (young ice), αποτελεί δε αυτός το μεταβατικό στάδιο μεταξύ της ελαστικής κρούστας και του πάγου του πρώτου έτους (first-year ice). Ο **πάγος του πρώτου έτους** αποκτά πάχος από 30 εκατοστά μέχρι και 2 μέτρα, μέσα στον πρώτο χειμώνα.

Ο θαλάσσιος πάγος ίσως αναπτυχθεί σε πάχος από 10-30 εκατοστά μέσα σε 48 ώρες, μετά από τις οποίες ενεργεί σαν μονωτικό μεταξύ του ωκεανού και της ατμόσφαιρας, που παρεμποδίζει και ελαττώνει προοδευτικά την περαιτέρω ανάπτυξη του. Εντούτοις ο θαλάσσιος πάγος ίσως αναπτυχθεί και σε πάχος μεταξύ 2 και 3 μέτρων μέσα στον πρώτο του χειμώνα. Ο πάγος που έχει περισωθεί από την τήξη ενός καλοκαιριού τουλάχιστον διαβαθμίζεται και ονομάζεται **παλαιός πάγος** (old ice). Αν ειδικότερα έχει επιζήσει από την τήξη ενός μόνο καλοκαιριού, ονομάζεται **πάγος του δεύτερου έτους** (second-year ice). Επειδή ο πάγος του δεύτερου έτους είναι παχύτερος και λιγότερο πυκνός από τον πάγο του πρώτου, παραμένει υψηλότερα έξω από το νερό. Ο παλαιός πάγος, που έχει αποκτήσει πάχος 3 μέτρα ή περισσότερα και έχει επιζήσει από την τήξη δυο καλοκαιριών τουλάχιστον, είναι γνωστός ως **πολυετής πάγος** (multiyear ice) και δεν περιέχει καθόλου αλάτι. Ο παλαιός πάγος είναι δυνατό να αναγνωρίζεται συχνά από έναν υποκύανο τόνο χρωματισμού της επιφάνειάς του, σε αντίθεση προς την υποπράσινη χροιά του του πρώτου έτους.

Μεγαλύτερα πάχη τόσο του πάγου του πρώτου έτους όσο και του πολυετούς αποκτώνται με τη διαδικασία αποσχηματισμού του, που είναι αποτέλεσμα των μετακινήσεων και της αλληλοεπιδράσεως των μεμονωμένων φύλλων πάγου που επιπλέουν. Διαδικασία αποσχηματισμού ειδικότερα παρατηρείται μετά από

την ανάπτυξη του νέου πάγου και του πάγου της νεαρής ηλικίας και είναι η απευθείας συνέπεια της επιδράσεως επάνω σε αυτούς των ανέμων, των παλιρροιών και των ρευμάτων. Οι διαδικασίες αυτές μετασχηματίζουν το σχετικά επίπεδο φύλλο πάγου σε **πάγο πίεσεως** (pressure ice), ο οποίος έχει ανώμαλη και σκληρή επιφάνεια, που είναι εύκολο να παρατηρηθεί. Κάμψη η κλίση (bending) είναι η προς τα επάνω ή προς τα κάτω κίνηση του λεπτού και πολύ ελαστικού πάγου. Αποτελεί το πρώτο στάδιο της διαδικασίας σχηματισμού του πάγου πίεσεως. **Σκηνή ή τέντα** (tenting) σχηματίζεται, όταν η κάμψη προκαλεί μετατόπιση του πάγου προς τα επάνω, δημιουργώντας όμως τόξο με επίπεδα άκρα και με κύρτωση από κάτω. Περισσότερο συχνά εντούτοις παρατηρείται η δημιουργία **σχεδίας** (rafting), καθώς το ένα τεμάχιο του νέου πάγου και του πάγου νεαρής ηλικίας επικάθεται και συσσωρεύεται επάνω στο άλλο. Όταν τεμάχια του πάγου του πρώτου έτους συσσωρεύονται συμπτωματικά το ένα επάνω στο άλλο, σχηματίζοντας τοίχο ή γραμμή από σπασμένο πάγο, δημιουργείται **απότομη οροσειρά** (ridge) πάγου, η δε διαδικασία αυτή ονομάζεται **διαδικασία σχηματισμού της απότομης οροσειράς πάγου** (ridging). Πάγος πίεσεως με τοπογραφία που αποτελείται από πολυάριθμους σωρούς και υψώματα ονομάζεται **λοφοσειρά πάγου** (hummocked ice), ενώ ο κάθε σωρός ονομάζεται **λοφίσκος** (hummock).

Η μετακίνηση γειτονικών φύλλων πάγου είναι σχεδόν ίση. Όσο περισσότερο ανώμαλη είναι η επιφάνεια, τόσο μεγαλύτερη είναι η επίδραση του ανέμου, επειδή κάθε κομμάτι που επεκτείνεται επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας ενεργεί σαν ιστίο (πανί ιστιοφόρου πλοίου). Μερικά από αυτά τα φύλλα βρίσκονται σε κυκλική κίνηση, καθώς τείνουν να τακτοποιηθούν ανάλογα με τον άνεμο. Επειδή εξάλλου οι απότομες οροσειρές πάγου εκτείνονται τόσο προς τα κάτω, όσο και προς τα επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, οι βαθύτερες επηρεάζονται περισσότερο από τα βαθιά ρεύματα του νερού. Όταν πνέει ισχυρός άνεμος στην ίδια κατεύθυνση για κάποια ικανοποιητική περίοδο, κάθε ένα φύλλο πάγου ασκεί πίεση στο επομενό του, και όταν η απόσταση αυξάνεται, η πίεση είναι τρομακτική. Οι οροσειρές πάγου έχουν ύψος γενικά 1 μέτρο και βάθος 5 μέτρα περίπου, αλλά κάτω από ανάλογη πίεση ίσως αποκτήσουν ύψη 30 μέτρων και βάθος 150 μέτρων σε εξαιρετικές και ακραίες περιπτώσεις.

Η εναλλασσόμενη τήξη και ανάπτυξη του πάγου της θάλασσας, σε συνδυασμό με τη συνεχή κίνηση των διαφόρων φύλλων, που τα διαχωρίζει έτσι ή τα συμπυκνώνει μεταξύ τους, προκαλούν συνθήκες μεγάλης ποικιλίας, μέσα σε αυτό το ίδιο το επικάλυμμα του πάγου. Η μέση πυκνότητα μιας δεδομένης περιοχής συμπαγούς **πάγου μορφής πακέτου** (pack ice) ή **συγκέντρωση πάγου** (concentration) εκφράζεται σε **οκτάδες** (octa). Η συγκέντρωση κυμαίνεται από διαβάθμιση που αναφέρεται στην **ανοικτή θάλασσα** (open water) (κατά την οποία η ολική συγκέντρωση του πάγου δεν υπερβαίνει το $\frac{1}{8}$ της επιφάνειας του νερού σε πολύ **ανοικτό πακέτο πάγου** (very open pack) ($\frac{1}{8}$ έως λιγότερο από $\frac{3}{8}$ συγκεντρώσεως), εν συνεχεία σε **ανοικτό πακέτο** (open pack) ($\frac{3}{8}$ έως λιγότερο από $\frac{6}{8}$ συγκεντρώσεως), σε **κλειστό πακέτο** (close pack) ($\frac{6}{8}$ έως λιγότερο από $\frac{7}{8}$ συγκεντρώσεως), σε **πολύ κλειστό πακέτο** (very close pack) ($\frac{7}{8}$ έως λιγότερο από $\frac{8}{8}$ συγκεντρώσεως) και τέλος σε **συμπαγές ή συνενωμένο**

πακέτο (compact ή consolidated pack) ($\frac{8}{8}$ ή πλήρης κάλυψη). Το μέγεθος μέχρι το οποίο ο πάγος, που καλύπτει την επιφάνεια της θάλασσας και έχει διάφορες συγκεντρώσεις, μπορεί να διαπερασθεί από πλοίο, ποικίλλει από θέση σε θέση και με την αλλαγή των συνθηκών του καιρού. Με συγκέντρωση 1-2 οκτάδες, σε δεδομένη περιοχή, το πλοίο που δεν είναι ιδιαίτερα ενισχυμένο μπορεί να πλέει μεν γενικά με ασφάλεια, διατρέχει όμως πάντοτε τον κίνδυνο να υποστεί σοβαρές ζημιές. Όταν η συγκέντρωση αυξάνει σε 2-4 οκτάδες, η περιοχή γίνεται μόνο ευκαιριακά προσιτή σε πλοίο, που δεν είναι ιδιαίτερα ενισχυμένο, ανάλογα και με τις διαθέσεις του καιρού και των ρευμάτων. Με συγκεντρώσεις από 4-6 οκτάδες, η περιοχή είναι προσιτή μόνο σε πλοία, που έχουν ειδικά ενισχυθεί, για να πλέουν σε παγωμένες θάλασσες, τα οποία όμως και πάλι, σε διάφορες περιπτώσεις, θα χρειασθούν τη συνδρομή παγοθραυστικού. Η ναυσιπλοΐα σε περιοχές με συγκέντρωση από 6 οκτάδες και πάνω πρέπει να επιχειρηθεί μόνο και μόνο με σύγχρονα παγοθραυστικά.

Στο εσωτερικό του πάγου που καλύπτει τη θάλασσα είναι δυνατό να σχηματισθούν ανοίγματα, λόγω διαφόρων διαδικασιών αποσηματισμού. Μακρά, οδοντωτά σπασίματα ίσως να εμφανισθούν κατ' αρχήν, είτε σε επικάλυμμα πάγου είτε σε μεμονωμένο φύλλο πάγου. Όταν τα σπασίματα αποχωρισθούν και φθάσουν σε μήκος από λίγα μέτρα έως πολλά χιλιόμετρα, ονομάζονται **θραύσματα** (fractures). Αν διευρύνονται και αποχωρίζονται ακόμη περισσότερο, ώστε να επιτρέπουν τη διέλευση ενός πλοίου ανάμεσά τους, ονομάζονται **οδηγοί** (leads). Το χειμώνα, λεπτό επικάλυμμα νέου πάγου ίσως καλύψει το νερό που βρίσκεται στο εσωτερικό ενός οδηγού, το καλοκαίρι όμως το νερό παραμένει ελεύθερο από πάγους, μέχρις ότου κάποια αλλαγή στην κίνηση του οδηγού ωθήσει τα άκρα του να ενωθούν μεταξύ τους και πάλι. Πριν όμως πραγματοποιηθεί αυτό, παρατηρείται γενικά κάποια πλευρική κίνηση ανάμεσα στα φύλλα του πάγου, που δεν επιτρέπει σε αυτά να ταιριάζουν πλέον μεταξύ τους και έτσι παραμένουν πολυάριθμα και μεγάλα τμήματα ανοικτής θάλασσας ανάμεσά τους, εκτός αν η πίεση που ασκείται επάνω στα φύλλα κατά την κίνησή τους είναι εξαιρετικά μεγάλη, οπότε ο χώρος της ανοικτής θάλασσας ανάμεσα από αυτά περιορίζεται στο ελάχιστο ή δεν παρατηρείται καθόλου ελεύθερος χώρος. Τα ανοίγματα της ανοικτής θάλασσας, που δεν έχουν επίμηκες σχήμα, ονομάζονται **πολύνυας** (polynyas). Οι πολύνυας είναι δυνατό να περιλαμβάνουν μικρά τεμάχια πάγου και να καλύπτονται από μίλια νέου πάγου και πάγου νεαρής ηλικίας.

Ο θαλάσσιος πάγος, ο οποίος σχηματίζεται στο πεδίο του ωκεανού από νερό της θάλασσας ή από την ψύξη του πάγου, που έχει μορφή πακέτου και οποιαδήποτε ηλικία και βρίσκεται κοντά στην ακτή και ο οποίος παραμένει προσκολλημένος σ' αυτήν σαν τοίχος πάγου, ή σαν μέτωπο πάγου, ή βρίσκεται ανάμεσα από ρηχά, ονομάζεται **γρήγορος, ταχύς πάγος** (fast ice). Το πλάτος αυτού του πάγου ποικίλλει αρκετά και είναι δυνατό να εκτείνεται από λίγα μέτρα έως αρκετές εκατοντάδες χιλιόμετρα. Μέσα στους κόλπους ή σε άλλες προστατευμένες περιοχές ο γρήγορος πάγος αυξάνεται συχνά από τις ετήσιες χιονοπτώσεις, καθώς και από την επέκταση προς την πλευρά της θάλασσας του χειρσαίου πάγου, και έτσι είναι δυνατό να φθάσει σε πάχος μεγαλύτερο από δύο μέτρα επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Όταν το φύλλο του πάγου

αναπτυχθεί σε τέτοιο το πάχος ή μεγαλύτερο και επεκταθεί επάνω σε μεγάλη οριζόντια απόσταση, ονομάζεται **παγοκρηπίδα** (ice shelt). Μαζικές παγοκρηπίδες, στις οποίες το πάχος του πάγου φθάνει αρκετές εκατοντάδες μέτρα, βρίσκονται τόσο στον Αρκτικό ωκεανό, όσο και στον Ανταρκτικό.

Η πλειονότητα των παγόβουνων που βρίσκονται στην Ανταρκτική δεν προέρχονται από παγετώνες ξηράς, όπως εκείνα που συναντιούνται στον Αρκτικό ωκεανό, αλλά γεννιούνται από τα εξωτερικά κράσπεδα των παγοκρηπίδων, που έχουν μεγάλη εξάπλωση. Τα παγόβουνα που σχηματίζονται με αυτόν τον τρόπο ονομάζονται **τραπεζοειδή παγόβουνα** (tabular iceberges) και έχουν σχήμα κουτιού. Οι οριζόντιες διαστάσεις τους μετριοούνται σε χιλιόμετρα και τα ύψη τους επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας φθάνουν τα εξήντα περίπου μέτρα. Οι μεγαλύτερες παγοκρηπίδες της Ανταρκτικής βρίσκονται στη θάλασσα του Ross και στη θάλασσα Weddel. Η έκφραση «τραπεζοειδές παγόβουνο» δεν αποδίδεται σε μικρά παγόβουνα, που έχουν αποσπασθεί από την αρκτική παγοκρηπίδα. Παρόμοιοι σχηματισμοί εκεί ονομάζονται **νησιά πάγου** (ice islands). Τα νησιά πάγου προέρχονται δηλαδή από την παγοκρηπίδα του Βόρειου Παγωμένου ωκεανού, καθώς θραύεται, όπως είναι η παγοκρηπίδα που βρίσκεται στις βόρειες ακτές της Γροιλανδίας και μέσα στους κόλπους του νησιού Ellesmere. Σαν κανόνας μπορεί να διατυπωθεί, ότι τα νησιά πάγου του Αρκτικού ωκεανού δεν είναι τόσο μεγάλα, όσο είναι τα τραπεζοειδή παγόβουνα της Ανταρκτικής. Αποκτούν πάχος μέχρι 55 μέτρα και εκτείνονται κατά μέσο όρο από 5-7 μέτρα επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Τόσο τα τραπεζοειδή παγόβουνα, όσο και τα νησιά πάγου, σχηματίζουν επίπεδη σχεδόν επιφάνεια, η οποία όμως έχει ελαφρά κυκλική κλίση. Λόγω του εκτοπίσματός τους, που έχει αρκετό βάθος, και οι δύο αυτές μορφές των παγόβουνων επηρεάζονται πολύ περισσότερο από το ρεύμα παρά από τον άνεμο. Τόσο οι Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, όσο και η Σοβιετική Ένωση έχουν χρησιμοποιήσει αρκετά νησιά πάγου σαν επιστημονικές εξέδρες, από τις οποίες έχουν ενεργήσει πολιτική εξερεύνηση.

7.5 Πάχος του θαλάσσιου πάγου.

Έχει παρατηρηθεί ότι ο θαλάσσιος πάγος αυξάνει το πάχος του έως 3 μέτρα κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους σχηματισμού του. Εντούτοις το πάχος του πάγου του πρώτου έτους, ο οποίος όμως δεν υπόκειται σε διαδικασίες αποσχιμισμού, δεν υπερβαίνει γενικά τα 2 μέτρα. Σε παράκτιες περιοχές, όπου η μεταβολή του βαθμού της τήξεως είναι μικρότερη από τη μεταβολή του βαθμού της πήξεως, το πάχος μπορεί να αυξηθεί κατά τη διάρκεια διαδοχικών χειμώνων και σε αυτό να προστεθεί συμπαγές και παγωμένο χιόνι, μέχρι που να φθάσει σε μερικές περιπτώσεις ακόμη και τα 3,5-4,5 μέτρα περίπου το μέγιστο. Ο παλαιός όμως θαλάσσιος πάγος ίσως αποκτήσει πάχος περισσότερο και από 4 μέτρα με αυτό τον τρόπο, καθώς και όταν το νερό, που προέρχεται από την καλοκαιρινή τήξη της επιφανείας του ή από την τήξη του χιονιού, καλύψει τις ανοικτές διαδρομές που οδηγούν προς τη θάλασσα, διασπαρεί κάτω από τον πάγο και παγώσει πάλι, επειδή η θερμοκρασία του θαλασσινού νερού είναι εκεί μικρότερη από τη θερμοκρασία του σημείου πήξεως.

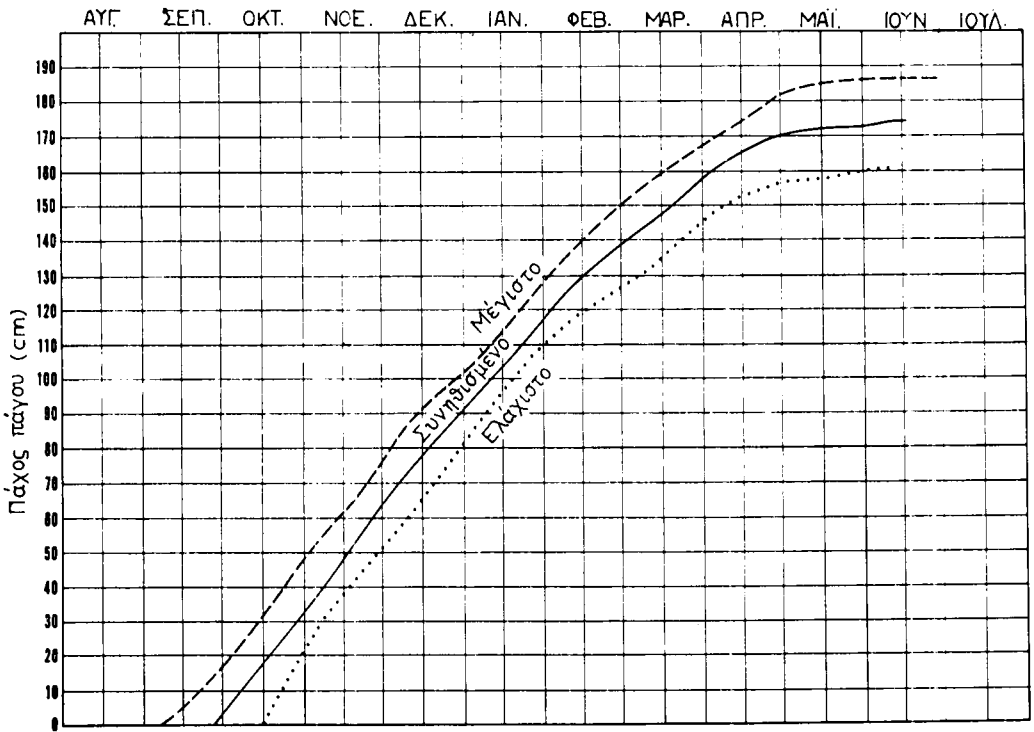
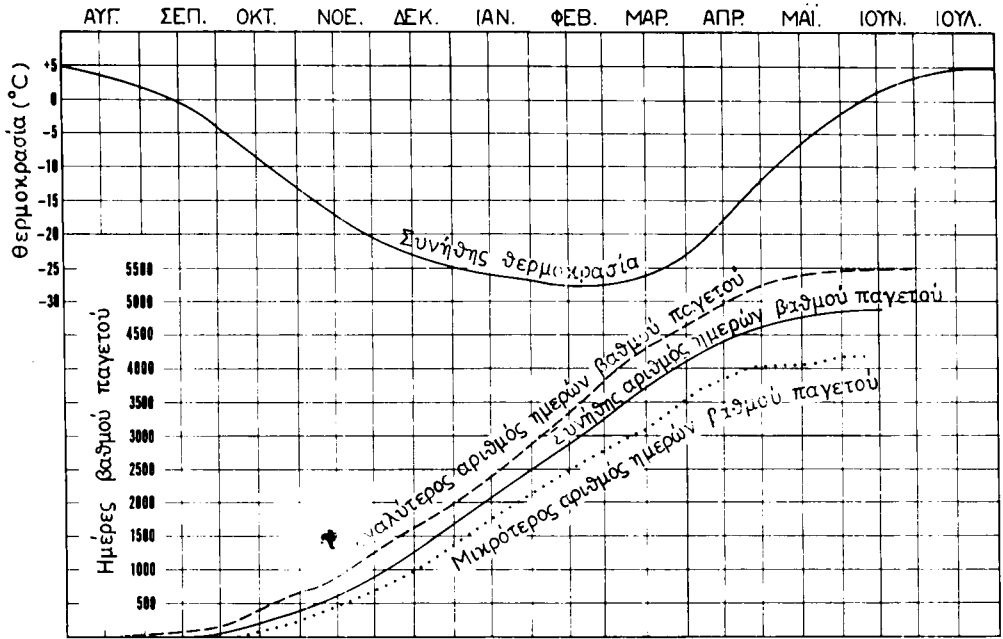
Η δημιουργία του θαλάσσιου πάγου εξαρτάται από έναν αριθμό μετεωρολογικών και ωκεανογραφικών παραμέτρων. Οι παράμετροι αυτές περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία αέρα, το αρχικό πάχος του πάγου, το βάθος και την πυκνότητα του χιονιού, την ταχύτητα του ανέμου, την αλμυρότητα και πυκνότητα του θαλάσσιου νερού, καθώς και τις ειδικές θερμοκρασίες τόσο του θαλάσσιου πάγου όσο και του θαλάσσιου νερού. Έρευνες εντούτοις έχουν αποδείξει, ότι οι παράμετροι που επηρεάζουν περισσότερο την ανάπτυξη του πάχους του θαλάσσιου πάγου είναι η θερμοκρασία του αέρα, η ταχύτητα του ανέμου, το βάθος και η πυκνότητα του χιονιού, καθώς και το αρχικό πάχος του πάγου. Πολλές πολύπλοκες εξισώσεις έχουν επινοηθεί, ώστε με την εφαρμογή αυτών των παραμέτρων να προβλέπεται το πάχος αναπτύξεως του πάγου. Οι παράμετροι όμως δεν είναι δυνατό να παρατηρούνται συνήθως σαν είδος ρουτίνας στις απομακρυσμένες πολικές τοποθεσίες, εκτός από τις δύο πρώτες.

Στις αρχές του 1940 ο Ρώσος επιστήμονας γεωγράφος N.N. Zubon επινόησε μια εξίσωση αναφορικά με την ανάπτυξη του πάχους του πάγου, σε σχέση με τη θερμοκρασία αέρα και μόνο, βασισμένη σε εμπειρικές του παρατηρήσεις κατά μήκος διαφόρων τμημάτων των βορειοτέρων αρκτικών ακτών της Ρωσίας. Οι θερμοκρασίες του αέρα μεταφράζονται σε συσσωρευμένες μέρες βαθμού παγετού, από τις οποίες υπολογίζεται το θεωρητικό πάχος του πάγου με την εξίσωση:

$$T_j = \frac{-50 + \sqrt{2500 + 32 \sum_{i=1}^j DD_i}}{2}$$

όπου T_j είναι το πάχος του πάγου σε εκατοστά την ημέρα j , ενώ DD_i είναι ο βαθμός παγετού τη συσσωρευμένη ημέρα i και εκφράζεται σε βαθμούς Κελσίου.

Μια ημέρα βαθμού παγετού (frost degree day) ορίζεται σαν ημέρα με μέση θερμοκρασία αέρα 1° κάτω από κάποια αυθαίρετη βάση. Η βάση που χρησιμοποιείται συνήθως είναι το σημείο πήξεως του πόσιμου νερού (0° C). Αν, για παράδειγμα, η μέση θερμοκρασία αέρα κάποια δεδομένη ημέρα είναι 5° κάτω από το σημείο πήξεως του πόσιμου νερού, τότε πέντε ημέρες βαθμού παγετού συγκεντρώνονται για εκείνη την ημέρα. Αυτές οι ημέρες βαθμού παγετού προστίθενται τότε σε εκείνες που συγκεντρώνονται την αμέσως επόμενη ημέρα, ώστε να αποκτηθεί συσσωρευμένη τιμή, η οποία προστίθεται και πάλι στον αριθμό των ημερών του βαθμού παγετού που συγκεντρώνεται την επόμενη ημέρα. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται καθημερινά σε όλη την περίοδο σχηματισμού του πάγου. Οι θερμοκρασίες συχνά κυμαίνονται επάνω και κάτω από το σημείο πήξεως, ενώ αρκετές ημέρες πριν είχαν παραμείνει κάτω από αυτό το σημείο. Συνεπώς οι συσσωρεύσεις της ημέρας του βαθμού παγετού αρχίζουν την πρώτη ημέρα της περιόδου, όταν οι θερμοκρασίες παραμένουν κάτω από το σημείο πήξεως. Η συσχέτιση μεταξύ συσσωρευμένων ημερών βαθμού παγετού και των θεωρητικών καμπυλών αναπτύξεως του πάχους του πάγου στο Point Barrow της Αλάσκας φαίνεται στο σχήμα 7.5α.

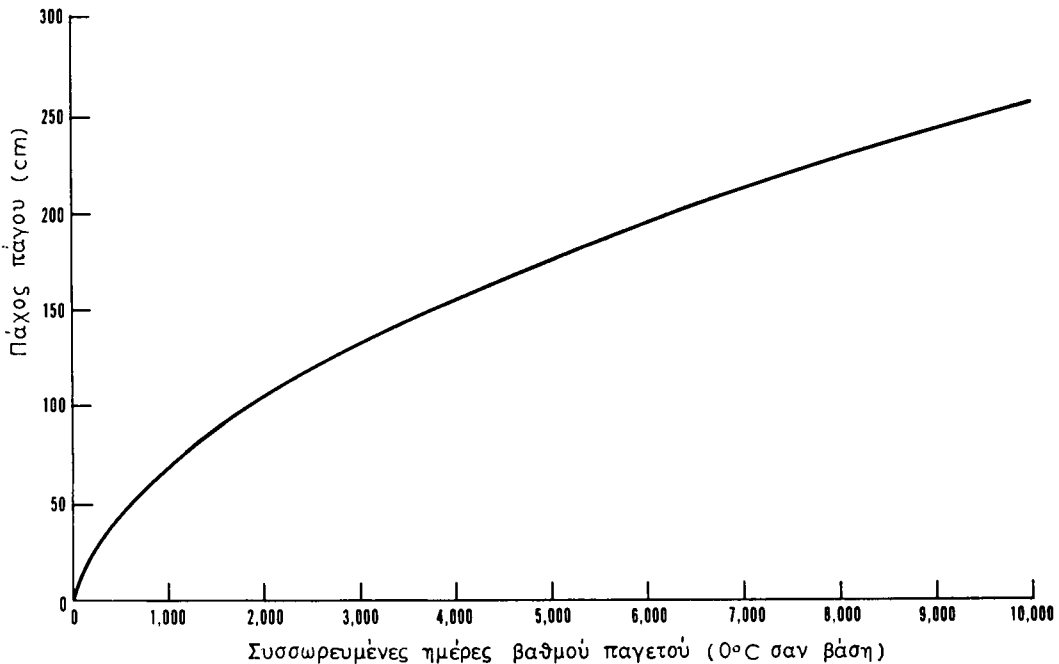


Σχ. 7.5α.

Συσχέτιση μεταξύ συσσωρευμένων ημερών βαθμού παγετού και θεωρητικού πάχους του πάγου στο Point Barrow της Αλάσκας.

Παρόμοιες καμπύλες για άλλους αρκτικούς σταθμούς περιλαμβάνονται στις εκδόσεις που διατίθενται από την Ωκεανογραφική Υπηρεσία του Ναυτικού των Ηνωμένων Πολιτειών (U.S. Naval Oceanographic Office). Το σχήμα 7.56 απεικονίζει γραφικά τη συσχέτιση μεταξύ συσσωρευμένων ημερών βαθμού παγετού ($^{\circ}\text{C}$) και του πάχους του πάγου σε εκατοστά του μέτρου.

Κατά τη διάρκεια του χειμώνα ο πάγος καλύπτεται συχνά από χιόνι, το οποίο τον απομονώνει, τείνοντας έτσι να επιβραδύνει το ρυθμό αναπτύξεώς του. Το επικάλυμμα του χιονιού ποικίλλει ως προς το πάχος του ουσιαστικά από περιοχή σε περιοχή, λόγω διαφορετικών κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν. Το βάθος του επικαλύμματος ίσως επίσης να ποικίλλει κατά πολύ, μέσα σε πολύ μικρές αποστάσεις μεταξύ τους, ανάλογα με τους μεταβλητούς ανέμους και την τοπογραφία του πάγου. Εφόσον επικρατεί τελικά επικάλυμμα από χιόνι, το 90% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται πίσω στο διάστημα. Ευκαιριακά όμως το χιόνι αρχίζει να λιώνει, όταν η θερμοκρασία του αέρα ανέρχεται επάνω από τους 0°C στις αρχές του καλοκαιριού, οπότε το πόσιμο νερό που σχηματίζεται διαμορφώνεται σε λάκκους επάνω στην επιφάνεια του πάγου. Οι λάκκοι απορροφούν το 90% περίπου της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας και διευρύνονται ταχύτατα, καθώς λιώνουν τον πάγο ή το χιόνι που τους περιβάλλει. Ευκαιριακά επίσης οι λάκκοι εισχωρούν στην επιφάνεια του βυθού των φύλλων πάγου και είναι γνωστοί σαν ανοίγματα



Σχ. 7.56.

Συσχέτιση μεταξύ συσσωρευμένων ημερών βαθμού παγετού ($^{\circ}\text{C}$) και πάχους (cm).

πάγου που λειώνει (thawholes). Η αργή αυτή διαδικασία είναι χαρακτηριστική στον πάγο του Αρκτικού ωκεανού, καθώς και σε θάλασσες όπου η κίνησή τους περιορίζεται από την ακτογραμμή ή από νησιά. Όπου όμως ο πάγος είναι ελεύθερος να παρασύρεται προς το εσωτερικό θερμότερων νερών (όπως στα νερά της Ανταρκτικής, της Ανατολικής Γροιλανδίας, καθώς και της θάλασσας του Λαμπραντόρ), η φθορά του επιταχύνεται ακόμη περισσότερο λόγω και της διαβρώσεώς τους από τον κυματισμό, καθώς και λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών του αέρα και της θάλασσας.

7.6 Αλμυρότητα του θαλάσσιου πάγου.

Ο θαλάσσιος πάγος σχηματίζεται κατ' αρχήν κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας με τη μορφή κρυστάλλων που είναι απαλλαγμένοι από αλάτι. Καθώς η διαδικασία σχηματισμού συνεχίζεται, οι κρύσταλλοι ενώνονται μεταξύ τους, οπότε παγιδεύονται μέσα στον πάγο μικρές ποσότητες άλμης (αλατόνερο). Ο νέος πάγος πάχους 15 εκατοστών του μέτρου περιλαμβάνει, κατά μέσον όρο, 5-10 μέρη αλατιού ανά χιλιάδα που περιλαμβάνεται στο παγιδευμένο αλατόνερο. Στις χαμηλότερες θερμοκρασίες η παγοποίηση επιταχύνεται. Κατά τη διάρκεια επιταχυνόμενης παγοποίησης παγιδεύεται μέσα στον πάγο μεγαλύτερη ποσότητα αλατόνερου και συνεπώς αλατιού.

Ανάλογα με τη θερμοκρασία, η άλμη που παγιδεύεται είναι δυνατό είτε να παγώνει, είτε να παραμένει υγρή, επειδή όμως η πυκνότητά της είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα του καθαρού πάγου, τείνει να καταφύγει κάτω από αυτόν. Καθώς η διαδικασία αυτή εξελίσσεται, ο πάγος σταδιακά απαλλάσσεται από όσο αλάτι περιέχει, γίνεται καθαρότερος, ισχυρότερος και λαμπρότερος. Σε ηλικία ενός έτους ο θαλάσσιος πάγος είναι απαλλαγμένος τόσο πολύ από αλάτι, ώστε το νερό που προέρχεται από την τήξη του μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πόσιμο για ανεφοδιασμό ενός πλοίου, αν σχηματίσει **λάκκους** (ruddles) ικανοποιητικού μεγέθους και αν δεν μολυνθεί και αλλοιωθεί από διασπορά θαλασσινού νερού μέσα σ' αυτούς. Μικρές μάλιστα λίμνες από αυτό το νερό, ικανοποιητικού μεγέθους, αναζητούνται συχνά για χρήση από τα υδροφόρα πλοία, εκτός από περιοχές όπου ο πάγος έχει μεγάλη ηλικία, οπότε το περισσότερο πόσιμο νερό προέρχεται από την τήξη του χιονιού που έχει συσσωρευθεί επάνω στην επιφάνεια αυτού του πάγου. Όταν ο θαλασσινός πάγος φθάσει σε ηλικία δύο ετών, όλο το αλάτι γενικά έχει αποβληθεί. Τα παγόβουνα δεν περιέχουν αλάτι, το δε νερό που αποκτάται από το λειώσιμό τους και δεν είναι μολυσμένο ή αλλοιωμένο από θαλασσινό νερό είναι πόσιμο.

Η εξάλειψη της άλμης προσδίδει στο θαλάσσιο πάγο μια δομή όπως της κηρήθρας, η οποία επισπεύδει την αποσύνθεσή του κατά πολύ, όταν η θερμοκρασία ανέλθει επάνω από το σημείο πήξεως. Στο στάδιο αυτό που ο πάγος ονομάζεται **σαπισμένος** (rotten ice), πολύ περισσότερο τμήμα της επιφάνειας της θάλασσας εκτίθεται στο ζεστό αέρα και στο νερό, οπότε η τιμή μεταβολής της τήξεως αυξάνεται και ο πάγος λειώνει γρήγορα. Έτσι κατά την ημέρα, ένα φύλλο σαπισμένου πάγου που είναι όμως φανερά στερεό, με πάχος αρκετών ιντσών είναι δυνατό να εξαφανισθεί εντελώς.

7.7 Πυκνότητα του πάγου.

Η πυκνότητα του πάγου που προέρχεται από παγοποίηση του πόσιμου νερού, είναι 0,917 στο σημείο πήξεώς του. Ο θαλάσσιος πάγος που μόλις έχει σχηματισθεί, είναι περισσότερο πυκνός, λόγω της περιεκτικότητας του σε αλάτι, η πιο δε αντιπροσωπευτική τιμή της πυκνότητάς του είναι τότε 0,925. Η πυκνότητα ελαττώνεται, καθώς ο πάγος απαλλάσσεται σταδιακά από το αλάτι του (παράγρ. 7.6). Τον καιρό που έχει πια χάσει την περισσότερη ποσότητα αλατιού, ο θαλάσσιος πάγος είναι λιγότερο πυκνός από τον πάγο που προέρχεται από παγοποίηση του πόσιμου νερού, επειδή ο πάγος που σχηματίζεται στη θάλασσα περιλαμβάνει περισσότερες φυσαλίδες αέρα. Ο πάγος που δεν έχει καθόλου αλάτι, αλλά περιλαμβάνει αέρα σε ποσοστό 8% ως προς τον όγκο του (που είναι η μέγιστη τιμή περίπου για το θαλασσινό πάγο), έχει πυκνότητα 0,845.

Η πυκνότητα του πάγου της ξηράς ποικίλλει σε ακόμη ευρύτερα όρια. Ο πάγος εκείνος της ξηράς που σχηματίζεται από την παγοποίηση πόσιμου νερού, έχει πυκνότητα 0,917, όπως προαναφέρθηκε. Ο περισσότερος όμως πάγος της ξηράς σχηματίζεται από την ψύξη του συμπαγούς χιονιού. Η διαδικασία αυτή έχει σαν αποτέλεσμα να παγιδεύονται έτσι μέσα στον πάγο μεγάλες σχετικά ποσότητες αέρα. Το λεγόμενο χιόνι *névé* που έχει σχηματισθεί σε μεγάλους κόκκους και έχει συμπυκνωθεί λόγω μεταβολών της θερμοκρασίας, αποτελεί το μεταβατικό στάδιο προς τον παγετώνα και ίσως έχει περιεκτικότητα σε αέρα τόση, όση είναι το 50% του όγκου του. Κατά το χρόνο που ο πάγος ενός παγετώνα θα φθάσει στη θάλασσα, η πυκνότητά του προσεγγίζει την πυκνότητα του πάγου που προέρχεται από την παγοποίηση του πόσιμου νερού. Δείγμα από παγόβουνο στους Grand Banks είχε πυκνότητα 0,899.

Όταν ο πάγος επιπλέει, ένα μέρος του βρίσκεται επάνω και ένα άλλο κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Η εκατοστιαία αναλογία της μάζας που βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, μπορεί να υπολογισθεί με διαίρεση της μέσης πυκνότητας του πάγου με την πυκνότητα του νερού, επάνω στο οποίο επιπλέει. Έτσι, αν παγόβουνο με πυκνότητα 0,920 επιπλέει επάνω σε νερό πυκνότητας 1,028 (το οποίο αντιστοιχεί σε αλμυρότητα 35 μερών ανά χιλιάδα και σε θερμοκρασία -1°C ή 30°F), το 89,5% της μάζας του θα βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Δηλαδή, περί τα 0,9 της μάζας του παγόβουνου θα βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια και μόνο το 0,1 περίπου θα βρίσκεται επάνω από την επιφάνεια του νερού.

Η σχέση ύψους προς βύθισμα ενός παγόβουνου που έχει σχήμα ογκώδους κύβου ή είναι τραπεζοειδές, ποικίλλει προφανώς αλλά βρίσκεται πολύ κοντά στην αναλογία 1:5 περίπου. Αυτή η μέση αναλογία είχε υπολογισθεί για παγόβουνα που συναντάμε νότια των ακτών της Νέας Γης, με υπόψη τις τιμές της πυκνότητας, καθώς και λίγες πραγματικές μετρήσεις, επίσης δε και τα αποτελέσματα σεισμολογικών εργασιών με ανάλογες συσκευές, σε αριθμό τοποθεσιών κατά μήκος του ορίου της παγοκρηπίδας του Ross κοντά στο σταθμό Μικρή Αμερική (Little America) στην Ανταρκτική. Είχε επίσης αποδειχθεί και βεβαιωθεί μετά από μετρήσεις πυκνότητας που έγιναν σε οπή που

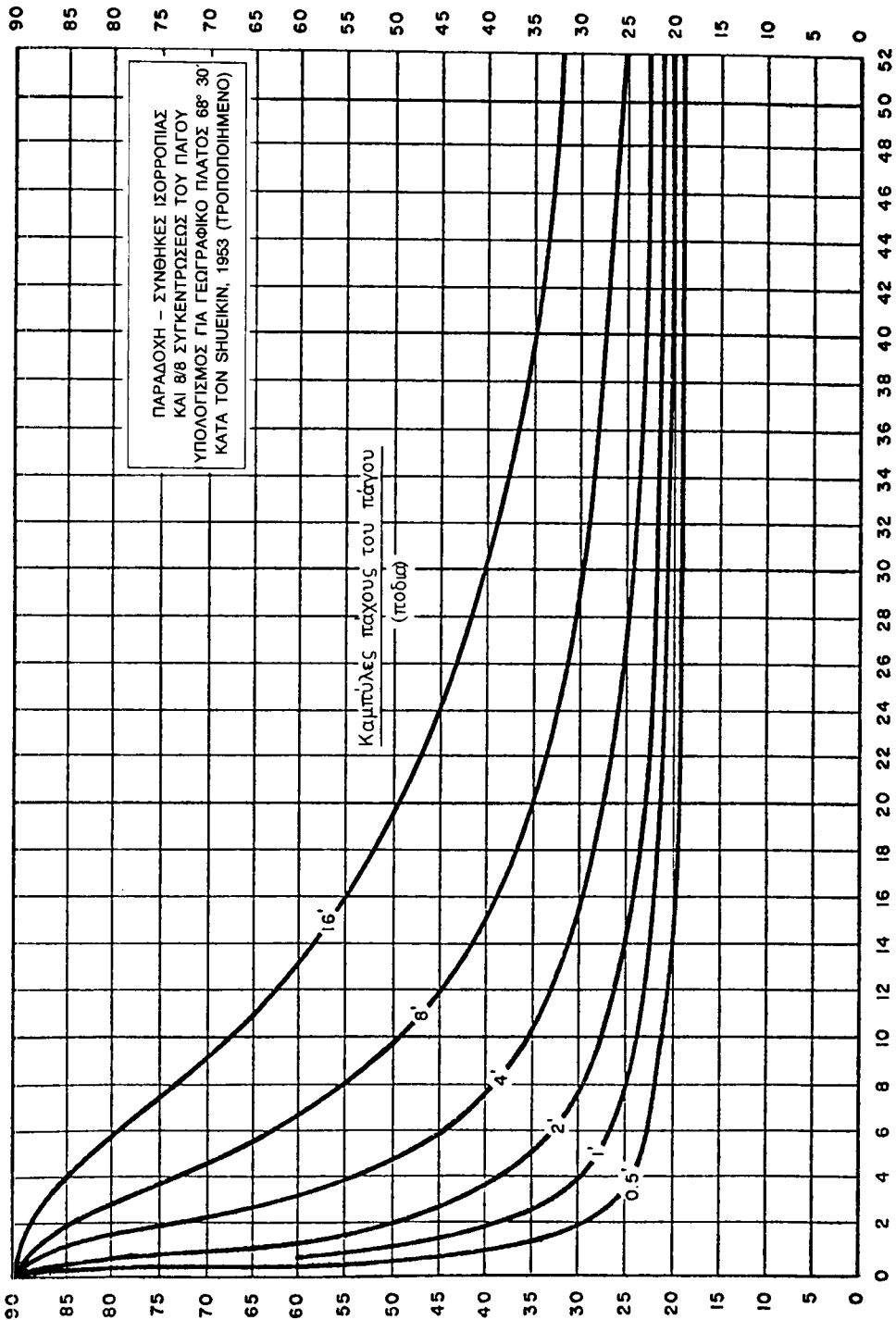
ανοίχθηκε κοντά, μέσα στο εσωτερικό της παγοκρηπίδας μέχρι πάχους 256 μέτρων. Η σχέση ύψους προς βάθος των παγόβουνων αποκτά μεγάλη σπουδαιότητα, όταν προσδιορίζεται η έκπτωσή τους (παράγρ. 7.9).

7.8 Έκπτωση του πάγου (drift of ice).

Παρά το ότι τα επιφανειακά ρεύματα επηρεάζουν κάπως την έκπτωση του πάγου με μορφή πακέτου, ο κυριότερος παράγοντας που προκαλεί την έκπτωσή του, είναι ο άνεμος. Λόγω της Κοριόλιας δυνάμεως, ο πάγος δεν παρασύρεται, δεν εκπίπτει, προς την κατεύθυνση προς την οποία πνέει ο άνεμος, αλλά η έκπτωση ποικίλλει από 18° περίπου έως και 90° το πολύ από αυτή την κατεύθυνση, ανάλογα με την ένταση του επιφανειακού ανέμου και το πάχος του πάγου. Στο βόρειο ημισφαίριο η έκπτωση είναι προς τα δεξιά της κατευθύνσεως, προς την οποία φυσά ο άνεμος, ενώ στο Νότιο είναι προς τα αριστερά. Αν και οι πρώτοι ερευνητές είχαν υπολογίσει γωνίες εκπτώσεως μέσης τιμής 28° ή 29° περίπου του πολυετούς πάγου μορφής πακέτου, οι μεγάλες γωνίες της εκπτώσεως είχαν συνήθως παρατηρηθεί με ταχύτητες ανέμου μάλλον χαμηλές παρά υψηλές. Η σχέση ανάμεσα στην ταχύτητα του επιφανειακού ανέμου, του πάχους του πάγου και της γωνίας εκπτώσεως φαίνεται στο σχήμα 7.8 και αφορά θεωρητικά την έκπτωση του συμπαγούς πάγου μορφής πακέτου σε κατάσταση ισορροπίας του (σε συνθήκες δηλαδή ισοσταθμίσεως των δυνάμεων που ενεργούν επάνω στον πάγο), αποδεικνύουν δε ότι η γωνία εκπτώσεως αυξάνει με την αύξηση του πάχους του πάγου και με την ελάττωση της ταχύτητας του επιφανειακού ανέμου. Κάποια ελαφρά αύξηση παρατηρείται επίσης με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους.

Δεδομένου ότι η γενική ισοβαρής απόκλιση του επιφανειακού ανέμου επάνω στους ωκεανούς είναι περίπου 20°, η απόκλιση του πάγου ποικίλλει από μικρή τιμή κατά προσέγγιση, κατά μήκος των ισοβαρών, μέχρι και 70° το πολύ προς τα δεξιά των ισοβαρών, με χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση στα αριστερά και υψηλή πίεση στα δεξιά για παρατηρήσεις στο βόρειο ημισφαίριο. Οι θέσεις των περιοχών της χαμηλής και υψηλής ατμοσφαιρικής πιέσεως αντιστρέφονται βεβαίως στο νότιο ημισφαίριο. Οι γωνίες εκπτώσεως, οι οποίες δίνονται στο σχήμα 7.8a, είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν για όλες τις μορφές συμπυκνώσεως πάγου και για όλα τα πολικά γεωγραφικά πλάτη.

Η τιμή μεταβολής της εκπτώσεως του πάγου, η οποία έχει εκτιμηθεί μετά από σχετικές παρατηρήσεις κατά μήκος των βορειοτέρων Σοβιετικών ακτών που περιβάλλουν τη θάλασσα Chukchi, παρουσιάζεται στον πίνακα 7.8. Οι τιμές μεταβολής δίνονται σαν ποσοστό της ταχύτητας του επιφανειακού ανέμου και εξαρτώνται από την τραχύτητα της επιφάνειας και της συγκεντρώσεως του πάγου. Τα εκατοστιαία ποσοστά ποικίλλουν από το ένα τέταρτο περίπου του 1% έως 8% της ταχύτητας του επιφανειακού ανέμου, αν αυτή μετρηθεί έξι μέτρα κατά προσέγγιση επάνω από την επιφάνεια του πάγου. Χαμηλές συγκεντρώσεις φύλλων πάγου με απότομα άκρα και με απότομες λοφοσειρές παρασύρονται και εκπίπτουν γρηγορότερα από τις υψηλές συγκεντρώσεις φύλλων πάγου με ελαφρές όμως κλίσεις ή με ομαλές λοφοσειρές και με την επίδραση ανέμου της ίδιας ταχύτητας. Στον πίνακα 7.8.1 μπορεί να παρατηρη-



Σχ. 7.8.

Κατεύθυνση εκπτώσεως του πάγου, με διαφορετικές ταχύτητες ανέμου και με διαφορετικό πάχος του πάγου.

Γωνια εκπτώσεως (μόρες) προς τα βόρεια (Β. Ημισφαίριο) ή προς τα αριστερά (Ν. Ημισφαίριο) της κατεύθυνσεως του επιφανειακού ανέμου.



Πίνακας 7.8.1

Τιμή μεταβολής της εκπτώσεως του θαλάσσιου πάγου λόγω της επιδράσεως του ανέμου (η οποία δίνεται σαν εκατοστιαίο ποσοστό της ταχύτητας του επιφανειακού ανέμου) για διάφορες συγκεντρώσεις πάγου και τραχύτητας της επιφάνειάς του

ΜΕΓΕΘΟΣ ΤΗΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ ΠΑΓΟΥ ή ΛΟΦΟΣΕΙΡΩΝ (ΣΕ ΔΕΚΑΤΑ)	ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΠΑΓΟΥ (ΟΚΤΑΔΕΣ)						
	1	2	3	4	5	6	7
1	0,88	0,75	0,63	0,50	0,39	0,33	0,26
2	1,75	1,50	1,25	1,05	0,85	0,65	0,53
3	2,64	2,33	2,05	1,75	1,44	1,13	0,85
4	3,53	3,13	2,69	2,30	1,86	1,45	1,08
5	4,40	3,90	3,40	2,90	2,40	1,90	1,40
6	5,28	4,65	4,06	3,50	2,94	2,35	1,73
7	6,66	5,48	4,79	4,10	3,41	2,73	2,04
8	7,03	6,25	5,55	4,75	3,95	3,18	2,36
9	7,93	7,05	6,10	5,20	4,35	3,50	2,61

θεί ότι ο θαλάσσιος πάγος, με συγκεντρώσεις 6-7 οκτάδων και 6 δεκάτων πυκνότητας των λοφοσειρών, ή ο σχεδόν πολυετής πάγος θα εκπίπτει κατά τα 2% περίπου της εντάσεως του επιφανειακού ανέμου. Επιπροσθέτως οι συντελεστές που ανταποκρίνονται σε 1 και 4 οκτάδες συγκεντρώσεως πάγου είναι κατά προσέγγιση τρεις φορές και δύο φορές αντίστοιχα μεγαλύτεροι από το συντελεστή που αντιστοιχεί σε 7 οκτάδες συγκεντρώσεως πάγου, με την ίδια εμφάνιση τραχύτητας της επιφάνειας. Παρά το ότι στον πίνακα 7.8.1 δίνεται αναλογία μεταξύ της μέγιστης εκπτώσεως του πάγου προς την ταχύτητα του επιφανειακού ανέμου 8% περίπου, τα μεμονωμένα φύλλα πάγου έχει παρατηρηθεί ότι εκπίπτουν τόσο πολύ γρήγορα, όσο το 10% έως 12% των ισχυρών επιφανειακών ανέμων.

Οι τιμές μεταβολής της εκπτώσεως του θαλάσσιου πάγου έχουν υπολογισθεί κατά ποσότητα με εμπειρικές παρατηρήσεις. Η γωνία εκπτώσεως όμως έχει προσδιορισθεί θεωρητικά για 8 οκτάδες συγκεντρώσεως του πάγου. Η σχέση αυτή εκτείνεται προς το παρόν και καλύπτει τις εκπτώσεις όλων των συγκεντρώσεων πάγου, λόγω ελλείψεως βασικών γνώσεων ως προς τις δυναμικές ενέργειες που εφαρμόζονται και που έχουν σαν αποτέλεσμα την επαναδιανομή του θαλάσσιου πάγου μέσα στις πολικές περιοχές.

7.9 Έκπτωση του παγόβουνου.

Τα παγόβουνα εκτείνονται μέχρι κάποια αξιόλογη απόσταση κάτω από την επιφάνεια, ενώ επάνω από αυτήν έχουν σχετικά μικρές «πλευσίμες επιφάνειες», αν συγκριθούν με την υποβρύχια μάζα τους. Συνεπώς το ρεύμα που κινείται κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας θεωρείται ότι αποτελεί την κυριότερη αιτιολογία για την έκπτωση του παγόβουνου. Παρά ταύτα παρατηρήσεις έχουν δείξει ότι ο άνεμος είναι εκείνος, ο οποίος μπορεί να αποδειχθεί

ο επικρατέστερος παράγοντας που ελέγχει την έκπτωση του παγόβουνου, σε κάποια όμως συγκεκριμένη τοποθεσία και σε ορισμένο χρόνο. Επίσης το ρεύμα και ο άνεμος ίσως συνεισφέρουν σχεδόν εξίσου στην έκπτωση που έχουν προκαλέσει.

Δύο άλλες κύριες δυνάμεις που ενεργούν επάνω σε παγόβουνο, το οποίο εκπίπτει, είναι η κοριόλια δύναμη και, σε μικρότερο βαθμό, η διαβάθμιση της δυνάμεως της πίεσεως, η οποία προκαλείται από τη βαρύτητα που οφείλεται σε κλίση της επιφάνειας της θάλασσας. Είναι δε αυτή η διαβάθμιση σπουδαία μόνο για την έκπτωση του παγόβουνου μέσα από κάποιο κύριο ρεύμα. Κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας τα ρεύματα δημιουργούνται από πολλούς παράγοντες, όπως είναι οι οριζόντιες διαβαθμίσεις της πίεσεως, οι οποίες προκαλούνται από μεταβολές της πυκνότητας του νερού, η περιστροφή της γης, η ελκτική δύναμη της βαρύτητας της σελήνης και η κλίση της επιφάνειας της θάλασσας. Ο άνεμος δεν ενεργεί άλλωστε επάνω στο παγόβουνο μόνο κατ' ευθείαν, αλλά και έμμεσα, δημιουργώντας τα κύματα, καθώς και τα επιφανειακά ρεύματα, προς την ίδια περίπου κατεύθυνση με αυτόν. Λόγω της αδράνειας ένα παγόβουνο ενδέχεται να συνεχίζει την κίνησή του που οφείλεται στην επίδραση του ανέμου, για ορισμένο χρονικό διάστημα ακόμη, μετά από την παύση της πνοής του ανέμου ή μετά από αλλαγή της κατεύθυνσώς του.

Η σχετική επίδραση των ρευμάτων και των ανέμων επάνω στην έκπτωση του παγόβουνου ποικίλλει, σύμφωνα με την κατεύθυνση και το μέγεθος των δυνάμεων που ενεργούν επάνω στην πλεύσιμη περιοχή του, καθώς και στο υποβρύχιο τμήμα του. Η συνισταμένη δύναμη ύστερα από αυτό υπολογίζεται με βάση τις αναλογίες των τμημάτων του παγόβουνου που βρίσκονται επάνω και κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, σε σχέση με την ταχύτητα και το βάθος του ρεύματος, καθώς και σε σχέση με την ταχύτητα και τη διάρκεια πνοής του ανέμου. Μελέτες τείνουν να αποδείξουν γενικά ότι σε τοποθεσίες όπου επικρατούν ισχυρά ρεύματα, το ρεύμα εκεί κυριαρχεί. Σε περιοχές όμως με ασθενή ρεύματα οι άνεμοι που πνέουν επί αριθμό ωρών, σε σταθερή κατεύθυνση, επηρεάζουν ουσιαστικά την έκπτωση των παγόβουνων. Μπορεί να επισημανθεί ότι κατά γενικό κανόνα τα ρεύματα τείνουν να ασκούν μεγαλύτερη επίδραση επάνω σε παγόβουνα, των οποίων το βύθισμα είναι μεγάλο, ενώ οι άνεμοι έχουν την τάση να επιδρούν περισσότερο στην κίνηση παγόβουνων με ρηχό βύθισμα.

Επειδή τα παγόβουνα χάνονται μετά από τις διαδικασίες τηξεώς τους, τη διάβρωση και τον τεμαχισμό τους, παρατηρήσεις έχουν δείξει, ότι η αναλογία του ύψους προς το βύθισμά τους ίσως προσεγγίζει τη σχέση 1:1 κατά τη διάρκεια του τελευταίου σταδίου φθοράς τους, οπότε αναφέρονται σαν παγόβουνα με μορφή κοιλιάδας ή σαν ανεμοδαρμένα παγόβουνα, ή παγόβουνα με μορφή κέρατος ή σαν ελικοειδή παγόβουνα. Οι αναλογίες του ύψους προς το βύθισμα που έχουν βρεθεί για παγόβουνα κατά τη διάρκεια διαφόρων σταδίων σχηματισμού ή αποσχηματισμού τους, παρουσιάζονται στον πίνακα 7.9.1. Επειδή ο άνεμος τείνει να ασκεί μεγαλύτερη επίδραση επάνω στα αβαθή παγόβουνα παρά στα παγόβουνα με μεγάλο βύθισμα, μπορεί να αναμένεται ότι ασκεί αυξημένη επιρροή στην έκπτωση του παγόβουνου, καθώς η φθορά μεγαλώνει.

Πίνακας 7.9.1
Αναλογικές σχέσεις του ύψους προς το εκτόπισμα διαφόρων τύπων παγόβουνων

Τύπος παγόβουνου	Αναλογία ύψους προς βύθισμα
Με μορφή κύβου (blocky) ή τραπεζοειδούς (tabular)	1:5
Στρογγυλά (bounded) ή με μορφή θόλου (domed)	1:4
Γραφικό (picturesque) ή της Γροιλανδίας (με κλίση) (sloping)	1:3
Σχήματος πυργίσκου (Pinnacled) ή απότομης οροσειράς (ridged)	1:2
Με κέρας (horned), του ανέμου (winged), με κοιλάδα (valley) ή σπιροειδή (spired) (ανεμοδαρμένα) (weathered)	1:1

Απλές εξισώσεις που να προσδιορίζουν με ακρίβεια την έκπτωση του παγόβουνου δεν μπορούν να επισηθούν προς το παρόν λόγω της αβεβαιότητας, ως προς τους συντελεστές που θα δηλώνουν την περιδίνηση του νερού και του αέρα, η οποία συνδέεται με τη μετακίνηση ενός παγόβουνου. Οι τιμές αυτών των παραμέτρων όχι μόνο διαφέρουν από παγόβουνο σε παγόβουνο, αλλά πιθανόν να μεταβάλλονται ακόμη και για το ίδιο το παγόβουνο, κατά την διάρκεια της περιόδου φθοράς του.

Οι σύγχρονες έρευνες χρησιμοποιούν αναλυτική προσέγγιση που διευκολύνεται από υπολογισμούς με ηλεκτρονικούς υπολογιστές, σύμφωνα με την οποία οι συντελεστές περιδινήσεως του αέρα και του νερού μεταβάλλονται μέσα σε λογικά όρια. Χρησιμοποιούνται τότε συνδυασμοί των τιμών περιδινήσεως μέσα σε διάφορα σύνθετα μοντέλα νερού, των οποίων όμως η συνθετικότητα αυξάνεται σταδιακά, που προσπαθούν να αναπαράγουν παρατηρημένες τροχιές πορείας των παγόβουνων. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι με ρεύμα που έχει δημιουργηθεί από τον άνεμο, την Κοριόλια δύναμη, καθώς και με άνεμο που πνέει ομοιόμορφα, χωρίς όμως την παρουσία ρεύματος που να οφείλεται στη διαβάθμιση της πυκνότητας της θάλασσας, θα προκληθεί έκπτωση μικρών και μεσαίου μεγέθους παγόβουνων που θα αντιστοιχεί σε εκατοστιαία αναλογία ταχύτητας του ανέμου, η οποία παρέχεται στον πίνακα 7.9.2. Η έκπτωση θα είναι προς τα δεξιά στο θόρειο ημισφαίριο και προς τα αριστερά στο νότιο.

Όταν υπεισέρχονται και ρεύματα που οφείλονται στη διαβάθμιση της πυκνότητας της θάλασσας, οι τροχιές της πορείας των παγόβουνων μεταβάλλονται ουσιαστικά και εξαρτώνται από το μέγεθος του ανέμου και του ρεύματος και από το κατά πόσον ο άνεμος και το ρεύμα βρίσκονται στην ίδια ή σε αντίθετη κατεύθυνση. Όταν ρεύμα εντάσεως ενός κόμβου και ο άνεμος βρίσκονται στην ίδια κατεύθυνση, η έκπτωση βρίσκεται προς τα δεξιά, τόσο του ανέμου όσο βεβαίως και του ρεύματος, οι δε γωνίες εκπτώσεως αυξάνουν γραμμικά από 5° κατά προσέγγιση στους 10 κόμβους ταχύτητας ανέμου σε 20° στους 60 κόμβους. Όταν ο άνεμος και το ρεύμα εντάσεως ενός κόμβου βρίσκονται σε αντίθετες κατευθύνσεις, η έκπτωση είναι προς τα αριστερά του ρεύματος, με γωνία που αυξάνεται από 3° κατά προσέγγιση στους 10 κόμβους σε 20° στους 30 κόμβους και σε 73° στους 60 κόμβους ταχύτητας ανέμου. Ως

Πίνακας 7.9.2
Έκπτωση παγόβουνων σε εκατοστιαία αναλογία της ταχύτητας του ανέμου

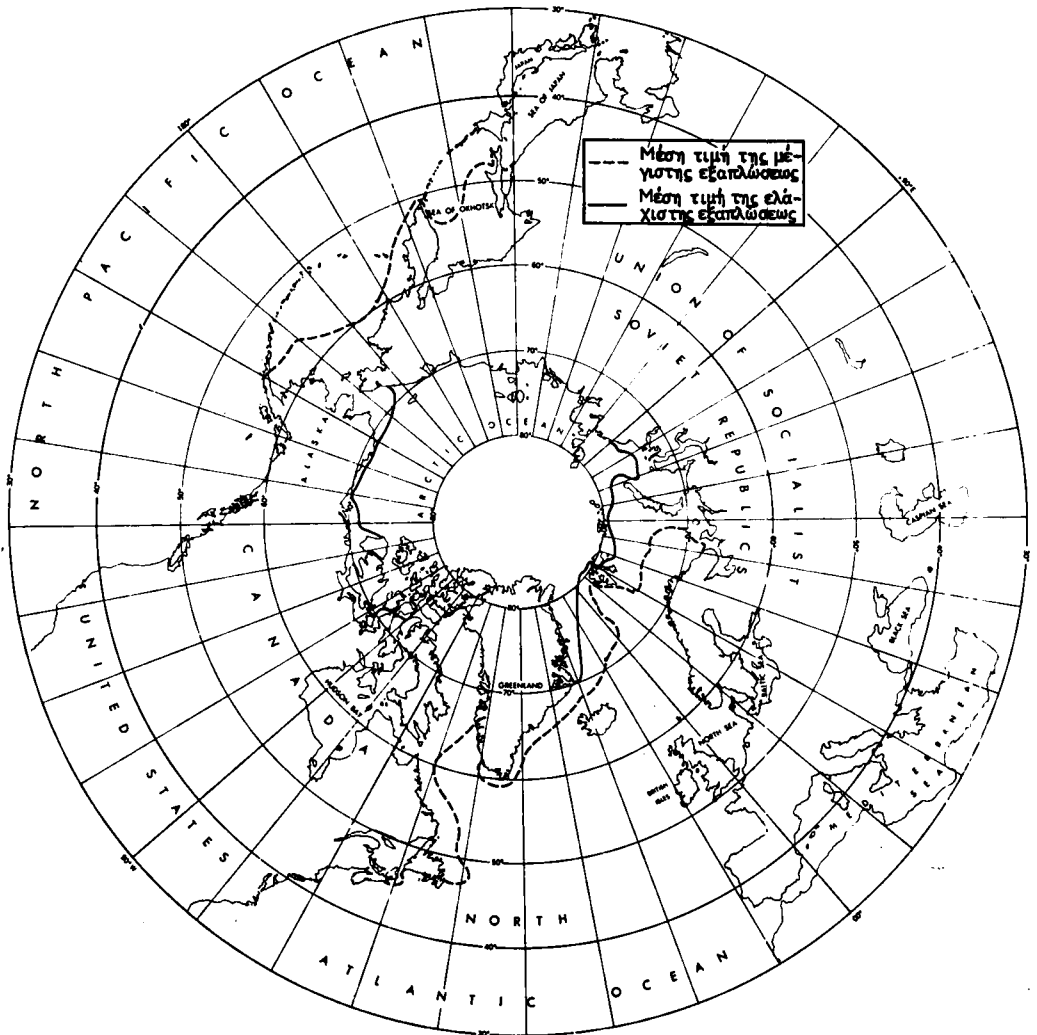
Ταχύτητα ανέμου (σε κόμβους)	Ταχύτητα παγόβουνου/ Ταχύτητα ανέμου (%)		Γωνία εκπτώσεως (σε βαθμούς)	
	Μικρό παγόβουνο	Μεσαίο παγόβουνο	Μικρό παγόβουνο	Μεσαίο παγόβουνο
10	3,6	2,2	12	69
20	3,8	3,1	14	55
30	4,1	3,4	17	36
40	4,4	3,5	19	33
50	4,5	3,6	23	32
60	4,9	3,7	24	31

ακραία περίπτωση, ως προς την αύξηση των ταχυτήτων του ανέμου, η έκπτωση μπορεί να είναι περίπου κάθετη (προς τα δεξιά) προς την κατεύθυνση του ανέμου. Αυτό αποδεικνύει ότι το ρεύμα που δημιουργείται από τον άνεμο κυριαρχεί καθαρά στη διαμόρφωση της εκπτώσεως. Γενικά τα διάφορα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν απέδειξαν, ότι ο συνδυασμός του ανέμου και του ρεύματος ήταν ο υπεύθυνος για την έκπτωση των παγόβουνων.

7.10 Εξάπλωση του πάγου στη θάλασσα.

Όταν περιγράφεται μία περιοχή θαλάσσιου πάγου, ονομάζεται **πάγος με μορφή πακέτου** (pack ice), ανεξάρτητα από τη μορφή που το πακέτο αυτό παίρνει ή τον τρόπο, με τον οποίο εμφανίζεται. Και στις δύο πολικές περιοχές ο πάγος μορφής πακέτου αποτελεί πολύ δυναμικό χαρακτηριστικό, που διακρίνεται για ευρείες αποκλίσεις ως προς την εξάπλωσή του κατά περιοχές, ανάλογα με τις μεταβολές ωκεανογραφικών και μετεωρολογικών φαινομένων. Το χειμώνα ο αρκτικός πάγος εκτείνεται επάνω σε ολόκληρη επιφάνεια του Αρκτικού ωκεανού, καθώς και επάνω σε επιφάνεια προς τα έξω από αυτόν που δεν είναι όμως σταθερή, αλλά μεταβάλλεται από διάφορες αιτίες. Τα όρια αυτά υποχωρούν και ελαττώνονται κατά τη διάρκεια των θερμότερων μηνών του καλοκαιριού. Κάθε χρόνο ένα μεγάλο μέρος πάγου του Αρκτικού ωκεανού κινείται προς τα έξω από αυτόν, μεταξύ της Γροιλανδίας και της Σπιτσβέργης, και εισέρχεται στο Βόρειο Ατλαντικό, αναπληρώνεται δε από νέο πάγο. Σχετικά μικρό μέρος του αρκτικού πακέτου πάγου έχει ηλικία μεγαλύτερη από δέκα χρόνια. Παράδειγμα της δυνατής μεταβολής των εξωτερικών ορίων του αρκτικού πακέτου παρέχεται στο σχήμα 7.10α, όπου αποτυπώνονται οι θέσεις μέσου όρου των μεγαλύτερων και μικροτέρων επεκτάσεων του θαλάσσιου πάγου.

Ο πάγος καλύπτει μεγάλο τμήμα των νερών του Ανταρκτικού ωκεανού και είναι πιθανόν ο πιο μεγάλος και ο μοναδικός παράγοντας, στον οποίο οφείλεται η απομόνωση της Ανταρκτικής ηπείρου. Κατά τη διάρκεια του νότιου χειμώνα



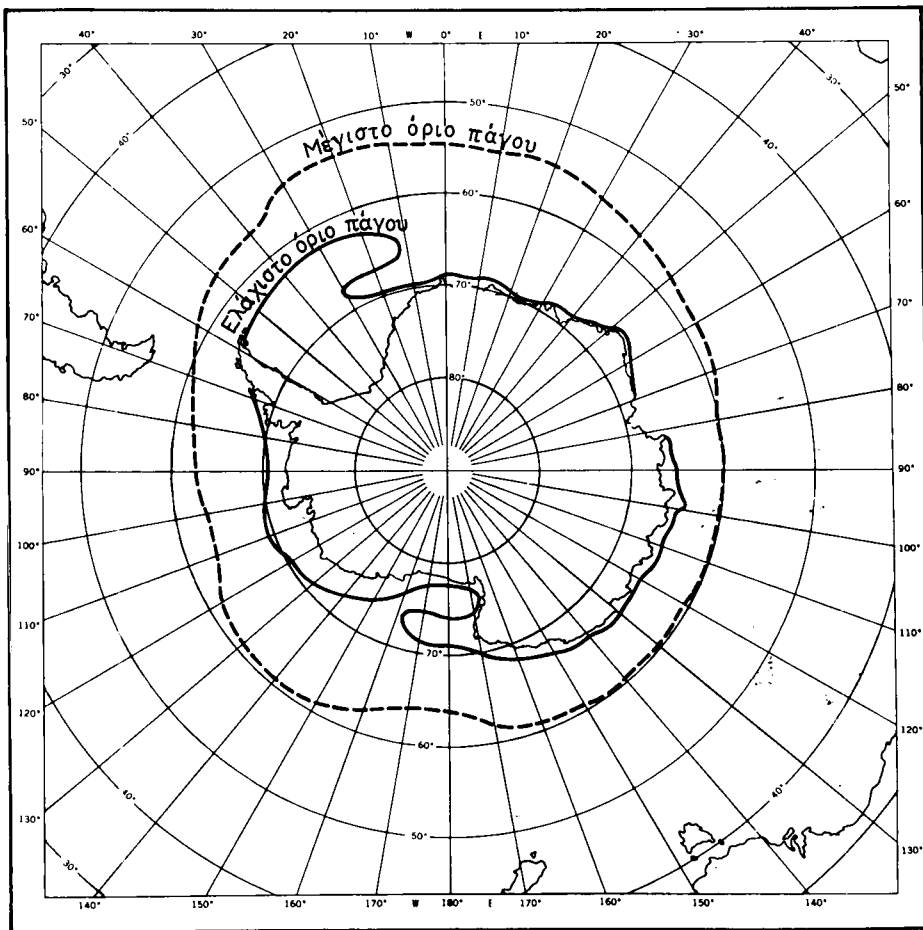
Σχ. 7.10α.

Μέση τιμή της μέγιστης και ελάχιστης εξαπλώσεως του αρκτικού θαλάσσιου πάγου.

(Ιούνιος έως Σεπτέμβριος) ο πάγος περιβάλλει εντελώς την ήπειρο, σχηματίζοντας φυσικό εμπόδιο σχεδόν αδιαπέραστο που εκτείνεται προς τα βόρεια μέχρι γεωγραφικό πλάτος 45°N κατά μέσο όρο περίπου μέσα στον Ατλαντικό και μέχρι 62°N μέσα στον Ειρηνικό ωκεανό. Η φθορά του πακέτου του πάγου κατά τη διάρκεια των μηνών του νότιου καλοκαιριού (Δεκέμβριος έως Μάρτιος), επιτρέπει στα όρια των άκρων του πάγου να υποχωρήσουν ουσιαστικά, ανοίγοντας μερικές παράκτιες περιοχές του Ανταρκτικού ωκεανού

σε χρήση του για τη ναυσιπλοΐα. Οι μέσες τιμές της μέγιστης και ελάχιστης εξαπλώσεως των ορίων του ανταρκτικού πάγου παρέχονται στο σχήμα 7.106.

Ιστορικές μαρτυρίες σχετικές με τις καταστάσεις της θάλασσας σε ορισμένες θέσεις, καθώς και με τις περιόδους πνοής του ανέμου, μπορούν να επισημανθούν σε εκδόσεις της Ωκεανογραφικής Υπηρεσίας του Ναυτικού των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (U.S. Naval Oceanographic Office), καθώς και σε εκδόσεις του Υδρογραφικού Κέντρου Αμυντικής Χαρτογραφήσεως (Defense Mapping Agency Hydrographic Center). Οι εκδόσεις αυτές περιλαμβάνουν οδηγίες πλου, οδηγούς πρόγνωσης και άτλαντες πάγου.



Σχ. 7.106.

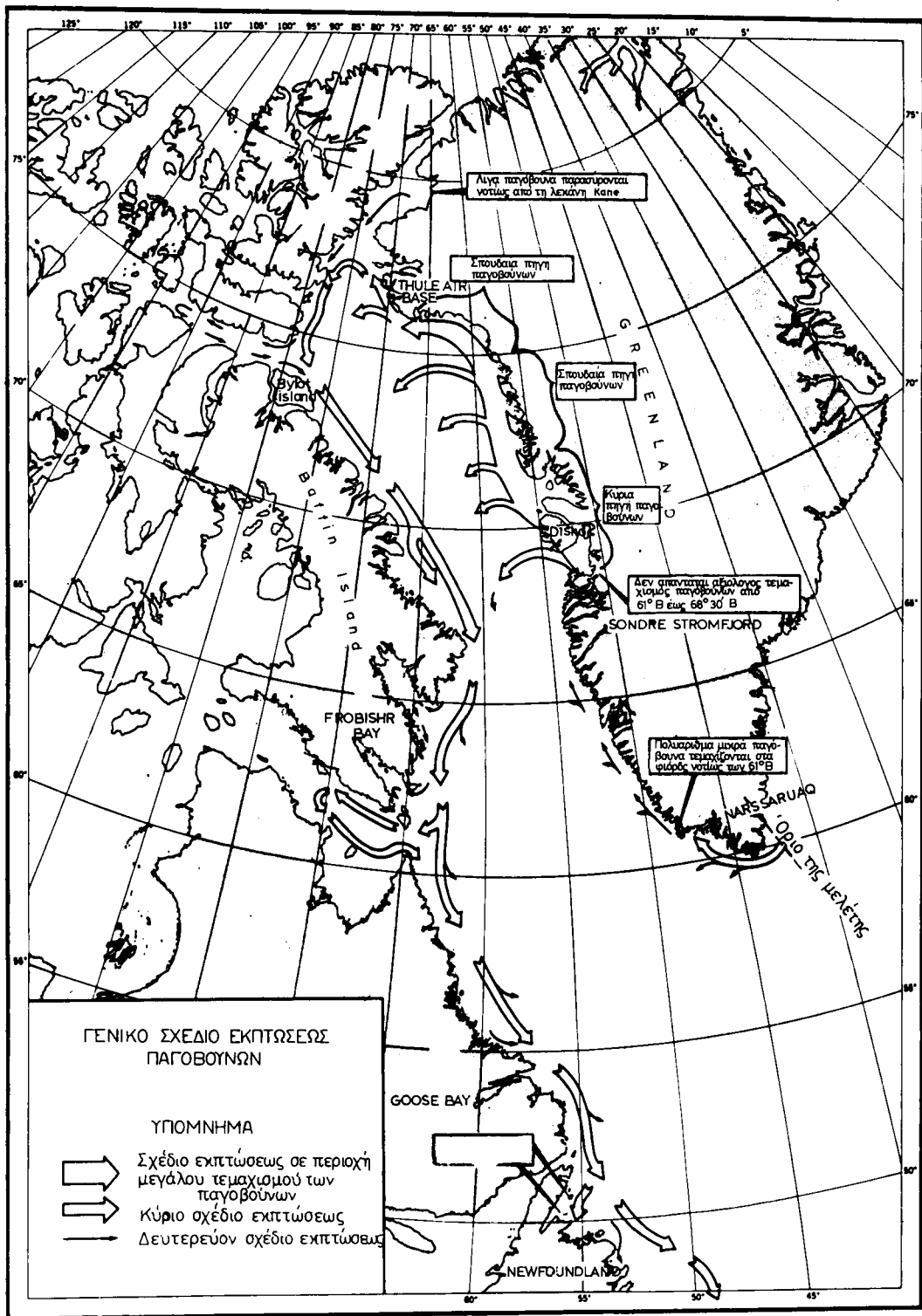
Μέση τιμή της μέγιστης και ελάχιστης εξαπλώσεως του ανταρκτικού θαλάσσιου πάγου.

7.11 Ο πάγος στο Βόρειο Ατλαντικό.

Παγετώνες που βρίσκονται στο επίπεδο της θάλασσας υπάρχουν επάνω σε αρκετές χερσαίες μάζες που περιβάλλουν τις βόρειες θάλασσες, σε αυτή δε την ξηρά περιλαμβάνεται η Αλάσκα, η Γροιλανδία, η Σπιτοβέργη (Svalbard), η Zemlya Frantsa-Iosifa (Γη του Φραγκίσκου Ιωσήφ), η Novaya Zemlya (Νέα Γη), καθώς και η Severnaya Zemlya (Γη του Νικολάου Β'). Εκτός από τους παγετώνες της Γροιλανδίας η τιμή τεμαχισμού των παγετώνων άλλων περιοχών είναι σχετικά αργή και τα λίγα παγόβουνα που παράγονται λειώνουν κοντά στις περιοχές αυτές του σχηματισμού τους. Πολλά όμως παγόβουνα που παράγονται κατά μήκος των ακτών της Γροιλανδίας, μεταφέρονται κατά περίπτωση μέσα στους διαδρόμους ναυσιπλοίας του Βόρειου Ατλαντικού και συνιστούν κύρια απειλή για τα πλοία.

Γενικά η πλειονότητα των παγόβουνων που παράγονται κατά μήκος των ανατολικών ακτών της Γροιλανδίας παραμένει κοντά στην πηγή δημιουργίας τους. Εντούτοις μικρός αριθμός από μικρά τεμάχια παγόβουνων, καθώς και από θορυβώδη πάγο αλλά και από μικρά παγόβουνα, μεταφέρονται από την περιοχή αυτή με το ρεύμα της Ανατολικής Γροιλανδίας γύρω από το ακρωτήριο Farvel που βρίσκεται στο νοτιότερο άκρο της Γροιλανδίας και κατόπιν προς τα βόρεια με το δυτικό ρεύμα της Γροιλανδίας μέσα στο στενό του Νταϊήβις, κοντά στο γεωγραφικό πλάτος 67°B . Σχετικά λίγα από αυτά τα παγόβουνα συνιστούν κίνδυνο για τα πλοία, μερικά όμως μεταφέρονται προς τα νότια και νοτιοανατολικά του ακρωτηρίου Farvel με ρεύμα που κινείται αντίστροφα των δεικτών του ωρολογίου, γύρω από κέντρο που βρίσκεται κοντά στο πλάτος 57°B και στο μήκος $43^{\circ}\Delta$.

Η κύρια πηγή των παγόβουνων που παρατηρούνται στο Βόρειο Ατλαντικό είναι η δυτική ακτή της Γροιλανδίας μεταξύ των 67°B και 76°B , όπου σχηματίζονται κάθε χρόνο 7500 παγόβουνα περίπου. Στην περιοχή αυτή υπάρχουν γύρω στους εκατό παράκτιους παγετώνες που βρίσκονται σε χαμηλό επίπεδο, είκοσι από τους οποίους είναι οι κυριώτεροι παραγωγοί των παγόβουνων. Μεταξύ των είκοσι αυτών κυρίων παγετώνων δύο, που βρίσκονται σε τοποθεσίες του Disko Bugt, μεταξύ πλάτους 69°B και 70°B , εκτιμώνται ότι συνεισφέρουν το 28% από όλα τα παγόβουνα, που εμφανίζονται στον κόλπο του Μπάφφιν και στη θάλασσα του Λαμπραντόρ. Το Δυτικό Ρεύμα της Γροιλανδίας μεταφέρει παγόβουνα από την περιοχή αυτή προς τα βόρεια και κατόπιν προς τα δυτικά, μέχρις ότου πλεύσουν προς τα νότια, ακολουθώντας το Ρεύμα του Λαμπραντόρ. Τα παγόβουνα της Δυτικής Γροιλανδίας περνούν γενικά τον πρώτο χειμώνα τους κλειδωμένα μέσα στο πακέτο του πάγου του κόλπου Μπάφφιν. Εντούτοις ένας μεγάλος αριθμός τους μπορεί επίσης να βρεθεί μέσα στο θαλάσσιο πάγο που εκτείνεται σε όλο το μήκος των ακτών του Λαμπραντόρ, κατά το θέρος, οπότε τα παγόβουνα ελευθερώνονται λόγω της θραύσεως του πακέτου του πάγου και μεταφέρονται μακρύτερα προς τα νότια, με το Ρεύμα του Λαμπραντόρ. Τα γενικά σχέδια που εμφανίζουν την έκπτωση των παγόβουνων, τα οποία επικρατούν στο ανατολικό τμήμα του Βόρειου Αμερικανικού Αρκτικού, παρέχονται στο σχήμα 7.11α. Παρατηρήσεις που διήρκεσαν περίοδο 69 ετών δείχνουν ότι μέσος όρος 365 παγόβουνων, κάθε χρόνο, φθάνουν σε γεωγραφικά πλάτη νότια των 48°B , με το 10% περίπου



Σχ. 7.11α.
Γενικό σχέδιο εκπτώσεως των παγοβούνων.

αυτού του συνόλου να μεταφέρονται νότια των Grand Banks (43°B) πριν λειώσουν. Παγόβουνα μπορεί να συναντηθούν κατά τη διάρκεια οποιασδήποτε περιόδου του έτους, πλην όμως στη περιοχή των Grand Banks συναντάται ο μεγαλύτερος αριθμός τους κατά τη διάρκεια της ανοίξεως. Ο μεγαλύτερος μηνιαίος μέσος αριθμός παγόβουνων παρατηρείται κατά τη διάρκεια του Απριλίου, Μαΐου και Ιουνίου. Το Μάιο ειδικότερα παρατηρείται ο υψηλότερος μέσος όρος, με 124 παγόβουνα.

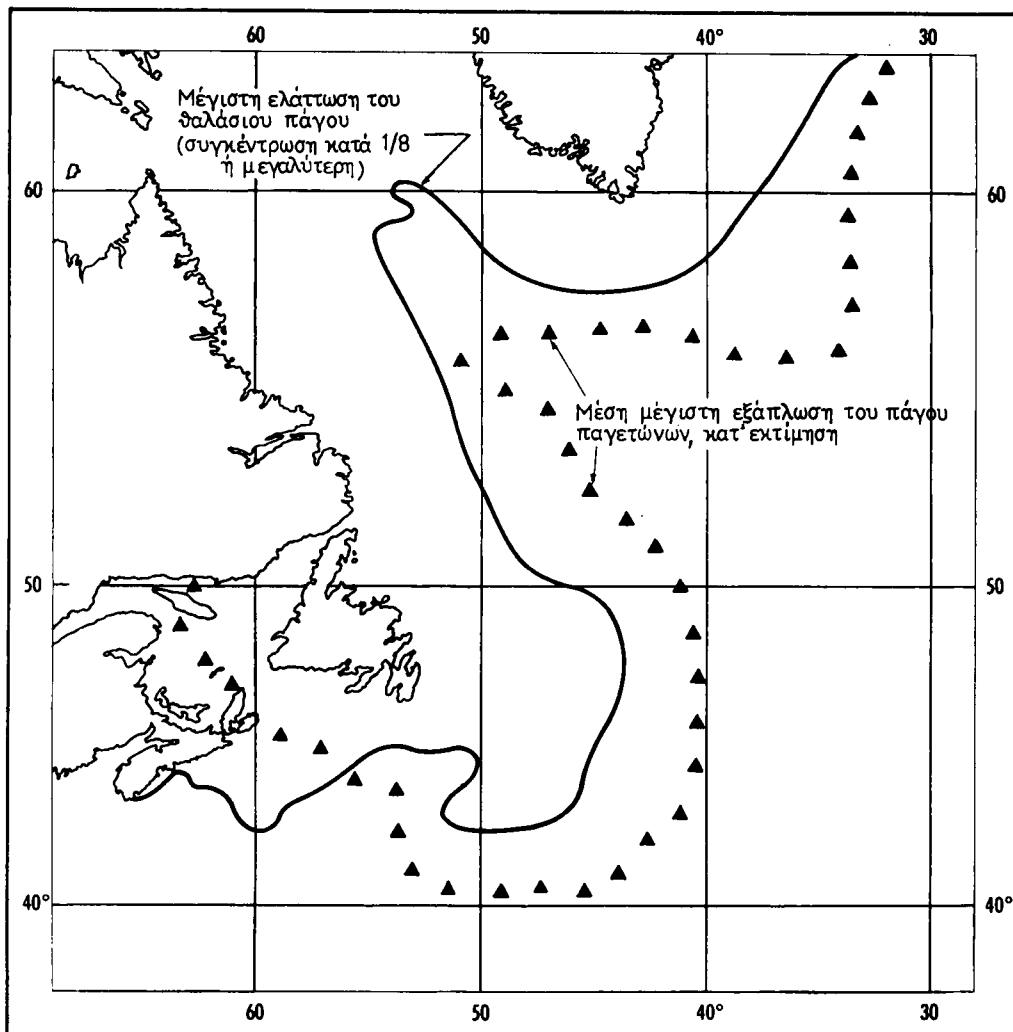
Η απόκλιση από τις συνθήκες της μέσης τιμής είναι αξιόλογη. Περισσότερα από 1587 παγόβουνα έχουν παρατηρηθεί νότια του γεωγραφικού πλάτους 48°B μέσα σε ένα και μόνο έτος (το 1972). Αντίθετα το 1966 ούτε ένα παγόβουνο δεν εντοπίστηκε στην ίδια αυτή περιοχή. Τα έτη 1940 και 1958 μόνο ανά ένα παγόβουνο παρατηρήθηκε νότια από το πλάτος 48°B. Παρά το ότι η απόκλιση αυτή δεν έχει εξηγηθεί λεπτομερειακά, είναι προφανές ότι σχετίζεται με τις ανεμολογικές συνθήκες στη γενικότερη περιοχή, με τη διανομή του πακέτου του πάγου μέσα στο στενό του Νταϊήβις, καθώς και με την ποσότητα του πάγου έξω από τις ακτές του Λαμπραντόρ. Έχει υποστηριχθεί ότι η διανομή του πακέτου του πάγου στη γενικότερη περιοχή του στενού του Νταϊήβις και της θάλασσας του Λαμπραντόρ επηρεάζει την αποτελεσματικότητά του στο να συγκρατεί ή όχι τα παγόβουνα. Σύμφωνα με αυτή τη θεωρία, όταν το πακέτο του πάγου είναι βαρύ, δηλαδή πολύ συμπαγές, και εκτείνεται κατά μήκος των ακτών του Λαμπραντόρ, τα παγόβουνα ωθούνται αρκετά μακριά από τις ακτές, όπου όμως βρίσκεται θερμότερο νερό, το οποίο προκαλεί την τήξη τους, πριν φθάσουν στις περιοχές των διαδρόμων ναυσιπλοΐας του Βόρειου Ατλαντικού. Όταν όμως το πακέτο του πάγου, στις ίδιες αυτές ακτές και περιοχή, δεν είναι αρκετό, αλλά ο πάγος είναι αραιός, τα παγόβουνα παρασύρονται και εκπίπτουν πολύ πλησιέστερα στην ακτή του Λαμπραντόρ, όπου όμως υπάρχει ψυχρότερο νερό, το οποίο παρατείνει έτσι την ύπαρξή τους.

Ο μέσος όρος των παγόβουνων και τα μέσα όρια του πακέτου του πάγου στην περιοχή αυτή, κατά τη διάρκεια των μηνών Απριλίου, Μαΐου και Ιουνίου, φαίνονται στα σχήματα 7.11β, 7.11γ και 7.11δ. Παγόβουνα έχουν επίσης παρατηρηθεί κοντά στις Βερμούδες, στις Αζόρες, καθώς και μέσα σε ακτίνα 400-500 χιλιομέτρων από την Μεγάλη Βρετανία.

Πακέτο πάγου ίσως επίσης παρατηρηθεί ακόμη και σε αυτόν τον Βόρειο Ατλαντικό, στον οποίο μεταφέρεται με το Ρεύμα του Λαμπραντόρ προς τα νότια. Άλλο τμήμα του παρασύρεται μέσα από το στενό Cabot, με προέλευση από τον κόλπο του Αγίου Λαυρεντίου.

7.12 Η Διεθνής περίπολος πάγου (the International Ice Patrol).

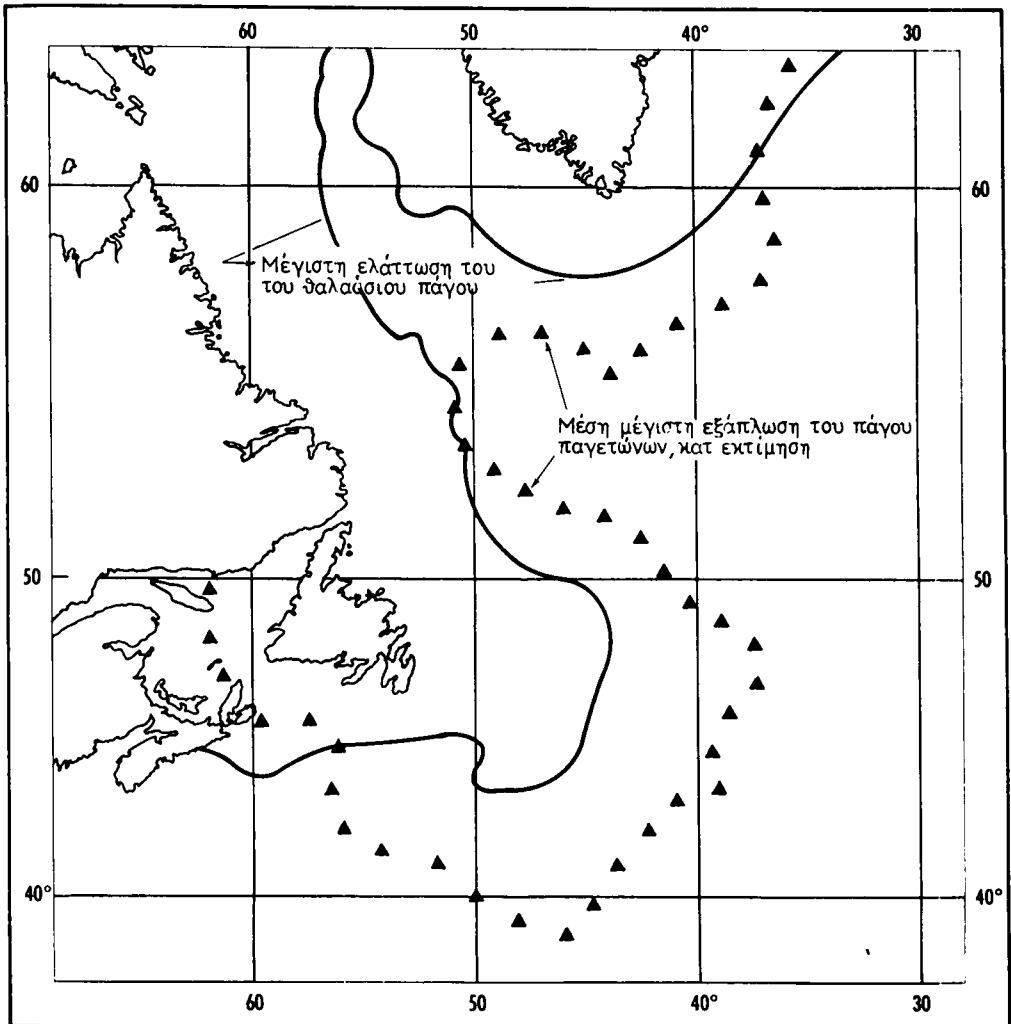
Καθιερώθηκε το 1914 από τη Διεθνή Διάσκεψη για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα (International Convention for the Safety of Life at Sea), η οποία πραγματοποιήθηκε το 1913, εξ αιτίας της βυθίσεως του ατμοπλοίου **Τιτανικός** το 1912. Το πλοίο αυτό εκτελώντας το παρθενικό του ταξίδι προσέκρουσε επάνω σε παγόβουνο και βυθίστηκε, με αποτέλεσμα την απώλεια 1513 ανθρώπων. Σύμφωνα με απόφαση της Διασκέψεως, η περιπολία αυτή πραγματοποιείται από την Ακτοφυλακή των Ηνωμένων Πολιτειών (U.S. Coast Guard), η



Σχ. 7.116.

Μέσα όρια της περιοχής των παγόβουνων και του πακέτου του πάγου, κατά τη διάρκεια του Απριλίου.

οποία είναι υπεύθυνη για την πραγματοποίηση παρατηρήσεων, καθώς και για τη μετάδοση των πληροφοριών που αφορούν τις συνθήκες πάγου στο Βόρειο Ατλαντικό. Οι πληροφορίες, οι σχετικές με τις συνθήκες πάγου στην περιοχή του κόλπου του Αγίου Λαυρεντίου, καθώς και στα παράκτια νερά της Νέας Γης (Newfoundland) και του Λαμπραντόρ, περιλαμβανόμενου και του Στενού Belle Isle, προς τα δυτικά αυτής της ίδιας της Belle Isle, παρέχονται από το Υπουργείο Μεταφορών (Ministry of Transport) του Καναδά, μεταξύ των μηνών Δεκεμβρίου Ιουνίου (τέλος περίπου). Τα στοιχεία πάγου για τις περιοχές αυτές μεταδίδον-

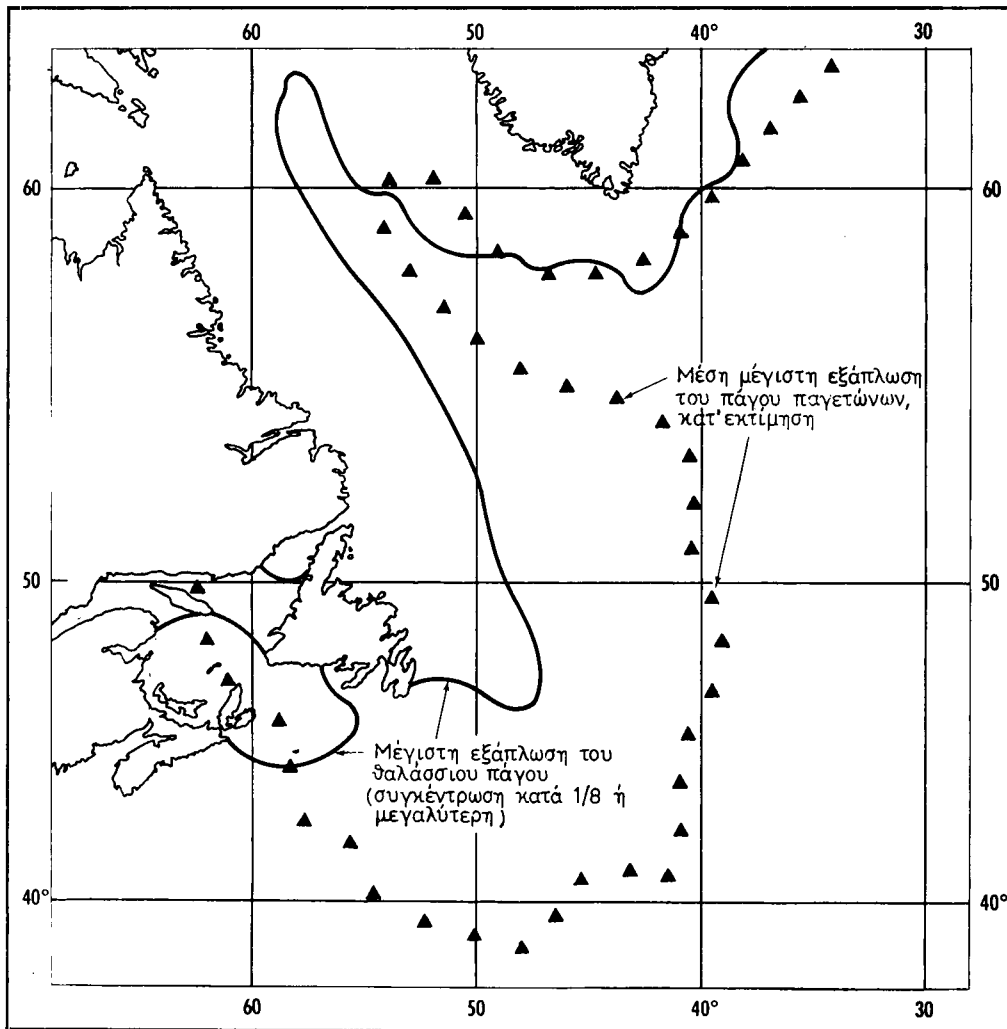


Σχ. 7.11γ.

Μέσα όρια της περιοχής των παγόβουνων και του πακέτου του πάγου, κατά τη διάρκεια του Μαΐου.

ται από τον Αξιοματικό Επιχειρήσεων Πάγου (Ice Operations Officer), που βρίσκεται στο Ντάρτμουθ της Νέας Σκωτίας (Nova Scotia), δια μέσου του ναυτιλιακού ραδιοφωνικού σταθμού του Σίδνεϋ ή του Χάλιφαξ.

Κατά τη διάρκεια κάθε εποχής πάγου πραγματοποιούνται αεροπορικές αναγνωρίσεις πλησίον των Grand Banks της Νέας Γης, ώστε να προσδιορισθούν τα νοτιοανατολικά, νότια και νοτιοδυτικά όρια της εξαπλώσεως των παγόβουνων προς τη θάλασσα. Κατά τη διάρκεια των πολεμικών ετών 1916-1918 και 1941-1945 η περιπολία δεν έγινε. Μετά το δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο



Σχ. 7.115.

Μέσα όρια της περιοχής των παγόβουνων και του πακέτου του πάγου, κατά τον Ιούνιο.

προστέθηκαν και αεροσκάφη στη δύναμη περιπολιών, τα οποία σήμερα άλλωστε διεξάγουν το κυριότερο έργο. Αναφορές εντοπισμού ζητούνται επίσης και συλλέγονται από πλοία που διαπλέουν την περιοχή των Grand Banks. Τα πλοία παρακαλούνται να περιλάβουν στις αναφορές τους λεπτομέρειες, ως προς τον τύπο του πάγου (τα παγόβουνα ή το θαλάσσιο πάγο), που έχουν εντοπίσει, τη γεωγραφική του θέση, τη συγκέντρωση και το πάχος του (ως προς το θαλάσσιο πάγο), καθώς και το μέγεθος και σχήμα (ως προς τα παγόβουνα).

Εκτός από τις αναφορές πάγου, οι πλοίαρχοι, οι οποίοι δεν εκδίδουν καθημερινές αναφορές καιρού, παρακινούνται να αναφέρουν τις θερμοκρασίες της επιφάνειας της θάλασσας και τις συνθήκες καιρού στην Περιπολία Πάγου κάθε έξι ώρες, εφόσον πλέουν μέσα σε περιοχή, που περικλείεται από τα γεωγραφικά πλάτη 40°-50° Β και μήκη 42°-60° Δ.

Οι επιχειρήσεις της Περιπολίας Πάγου διευθύνονται από τη βάση της Ακτοφυλακής των ΗΠΑ, που βρίσκεται στο Governors Island της Νέας Υόρκης. Τακτικά προγραμματισμένα δελτία εκδίδονται από την Περιπολία Πάγου δυο φορές κάθε ημέρα, κατά τη διάρκεια της περιόδου Πάγου, με ασύρματες επικοινωνίες και με επικοινωνίες χειρσαίων γραμμών από τη Βοστώνη της Μασσαχουσέττης. Όταν εντοπίζονται παγόβουνα έξω από τα γνωστά όρια πάγου, εκδίδονται και εκπέμπονται ειδικές οδηγίες, μεταξύ των τακτικών προγραμματισμένων, από το σταθμό του St. Johns της Νέας Γης. Τα στίγματα των παγόβουνων που περιλαμβάνονται στα δελτία ενημερώνονται ως προς τις εκπτώσεις τους με διαλείμματα δώδεκα ωρών.

Επίσης εκπέμπεται μια φορά κάθε ημέρα και ραδιοθαλασσογραφία χάρτη, σε όλη τη διάρκεια της εποχής πάγου. Η Περιπολία Πάγου, εκτός από τις περιπολίες που ενεργεί στις περιοχές, όπου είναι δυνατό να υπάρχουν παγόβουνα, διεξάγει και ωκεανογραφικές έρευνες, διατηρεί απόλυτα ενημερωμένα στοιχεία των ρευμάτων σε κάθε περιοχή επιχειρήσεων, ώστε να υποβοηθηθεί στην πρόγνωση της εκπτώσεως των παγόβουνων, μελετά τις συνθήκες του θαλάσσιου πάγου γενικά, τέλος δε προσφέρει και βοήθεια στα πλοία μέσα στα πλαίσια των επιχειρήσεών της, αν η ανάγκη το απαιτήσει.

7.13. Εντοπισμός πάγου (ice detection).

Η ασφαλής ναυσιπλοία στις πολικές περιοχές εξαρτάται από αριθμό παραγόντων, από τους οποίους ο σπουδαιότερος ίσως είναι η ακριβής γνώση της θέσεως και του ποσού του θαλάσσιου πάγου, που βρίσκεται μεταξύ του ναυτιλλόμενου και του προορισμού του. Υψηλής αποδόσεως ηλεκτρονικές συσκευές, όπως είναι το ραντάρ, το σόναρ, η ορατή και υπεριώδης ακτινοβολία, καθώς και η ακτινοβολία μικροκυμάτων, επίσης δε και οι αισθητήριες μονάδες, οι οποίες λειτουργούν αυτόματα εξ αποστάσεως και με τις οποίες είναι εφοδιασμένες οι δορυφόροι, που περιστρέφονται σε τροχιές γύρω από τη γη, έχουν σήμερα προστεθεί στις δυνάμεις οράσεως και μερικές φορές και ακοής, που διαθέτει ο ναυτιλλόμενος που πλέει στις πολικές περιοχές, ώστε να τον βοηθήσουν στον εντοπισμό του πάγου μέσα στη θάλασσα.

Καθώς το πλοίο κατευθύνεται προς υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη, ο πρώτος πάγος που συναντάται από το ναυτιλλόμενο έχει πιθανόν τη μορφή των παγόβουνων, επειδή τα τόσα μεγάλα τεμάχια χρειάζονται περισσότερο χρόνο, για να διαλυθούν. Τα παγόβουνα μπορούν εύκολα να αποφευχθούν, αν εντοπισθούν έγκαιρα. Η απόσταση μέχρι την οποία είναι ορατό κάποιο παγόβουνο εξαρτάται από τη μετεωρολογική ορατότητα, το ύψος του παγόβουνου, την πηγή και τις συνθήκες φωτισμού, καθώς και από τον παρατηρητή. Την καθαρή ημέρα, με εξαιρετική ορατότητα, ένα μεγάλο παγόβουνο είναι ορατό πιθανόν από απόστασης 35 σχεδόν χιλιομέτρων, λόγω της λαμπρής του στιλπνότητας. Με καταχνιά χαμηλά γύρω από τον ορίζοντα η απόσταση αυτή

ίσως ελαττώνεται κατά το ήμισυ. Με ελαφρά ομίχλη ή με ψιχάλα η απόσταση μειώνεται ακόμη περισσότερο και φθάνει στα 1850 μέτρα ως 5,5 χιλιόμετρα.

Μέσα σε πυκνή ομίχλη το παγόβουνο ίσως δεν γίνεται αντιληπτό σε απόσταση μεγαλύτερη από εκατό μέτρα ή μέχρις ότου το προσεγγίσει πολύ το πλοίο, οπότε θα εμφανισθεί με την μορφή ενός φωτεινού, λευκού αντικειμένου, αν ο ήλιος λάμπει, ή στην αντίθετη περίπτωση σαν μια σκοτεινή, σκούρα μάζα, με στενές ραβδώσεις μαύρου χρώματος κοντά στη γραμμή του νερού. Αν το στρώμα της ομίχλης δεν είναι τόσο πολύ παχύ, το παγόβουνο ίσως γίνει ορατό από κάποιο υψηλό σημείο του πλοίου γρηγορότερα παρά από κάποιο άλλο χαμηλότερο σημείο. Από το σημείο αυτό θα γίνει ορατό αργότερα, το γεγονός όμως αυτό δεν θα πρέπει να θεωρηθεί ως δικαιολογία, ώστε να μην πραγματοποιούνται παρατηρήσεις οπτήρων από την πλώρη του πλοίου. Η διασπορά του φωτός μέσα στην ομίχλη θα δημιουργήσει είτε λαμπερές περιοχές είτε περιοχές λευκότητας επάνω και κοντά στις πλευρές του παγόβουνου, οι οποίες θα φαίνονται σαν να αυξάνουν το ορατό μέγεθος της μάζας του.

Τις σκοτεινές αλλά καθαρές νύκτες τα παγόβουνα ίσως είναι ορατά σε απόσταση από 1850 μέτρα ως 4 χιλιόμετρα. Φαίνονται είτε σαν λευκά είτε σαν μαύρα αντικείμενα με κάποια λαμπερή κηλίδα, στο σημείο όπου, ανάλογα με την περίπτωση, θραύεται κάποιο κύμα επάνω τους.

Κάτω από τέτοιες συνθήκες ορατότητας οι θορυβώδεις πάγοι, που είναι μικρά τεμάχια πάγου και προέρχονται συνήθως από τεμαχισμό ή τήξη του παγόβουνου (growlers), αποτελούν μεγαλύτερο κίνδυνο για τα πλοία. Η ταχύτητα του πλοίου υπ' αυτές τις συνθήκες πρέπει οπωσδήποτε να ελαττωθεί. Πρέπει επίσης να διατηρηθούν στις θέσεις τους έξυπνοι και παρατηρητικοί οπτήρες.

Η σελήνη ενδέχεται είτε να βοηθήσει είτε να εμποδίσει τον εντοπισμό του παγόβουνου. Αυτό εξαρτάται από τη φάση, στην οποία βρίσκεται, καθώς και από τη θέση της σχετικά με το πλοίο και το παγόβουνο. Η πανσέληνος που βρίσκεται προς την κατεύθυνση του παγόβουνου παρεμβάλλεται στον εντοπισμό του, ενώ το φως που προέρχεται από τη σελήνη που βρίσκεται σε αντίθετη κατεύθυνση από αυτό δημιουργεί έκλαμψη, που κάνει το παγόβουνο να είναι ορατό από μεγαλύτερη απόσταση, ίσως και μέχρι τα 5,5 χιλιόμετρα. Ο συννεφιασμένος ουρανός τη νύκτα, μέσα από τον οποίο το φως της σελήνης μεταδίδεται με διακοπές, κάνει επίσης δύσκολο τον εντοπισμό του πάγου. Ο νυκτερινός ουρανός, με σύννεφα που είναι βαριά και ταξιδεύουν, ίσως επίσης να σκοτεινιάζει ή να σκιάζει οποιοδήποτε αντικείμενο έχει γίνει ορατό, συνεπώς και το παγόβουνο, τα δε σύννεφα του τύπου των σωρειτών και των μελανοσωρειτών (cumulus και cumulonimbus) έχουν συχνά μια εμφάνιση σαν να φωτίζονται ή να δέχονται εκλάμψεις από τα παγόβουνα.

Αν το παγόβουνο βρίσκεται στη διαδικασία αποσυνθέσεώς του, η παρουσία του μπορεί να εντοπισθεί από τον ήχο που δημιουργείται, καθώς αποκολλάται ένα τμήμα του και θραύεται, ή από το θόρυβο που ακούγεται, όταν ένα μεγάλο τμήμα του πέφτει μέσα στο νερό. Η εμφάνιση μικροτέρων τεμαχίων πάγου μέσα στο νερό υποδηλώνει συχνά την παρουσία κάποιου παγόβουνου εκεί κοντά. Όταν ο καιρός είναι ήσυχος, τεμάχια αυτού του είδους είναι δυνατό να

σχηματίζουν μια καμπύλη γραμμή, το δε παγόβουνο από το οποίο προέρχονται κατέχει θέση προς την πλευρά της κοιλότητας της καμπύλης. Μερικά από τα τεμάχια που αποσπώνται από το παγόβουνο με τη θραύση του είναι τα ίδια αρκετά μεγάλα, ώστε να αποτελούν και αυτά κίνδυνο για τη ναυσιπλοΐα.

Καθώς το πλοίο κινείται πλησιέστερα προς περιοχές, που είναι γνωστές ότι περιέχουν θαλάσσιο πάγο, ένα από τα πιο αξιόπιστα σημάδια, που δηλώνουν ότι προσεγγίζει σε περιοχή πακέτου πάγου, είναι η απουσία της αποθαλασσίας ή της κινήσεως των κυμάτων, σε περίπτωση που πνέει ασθενής άνεμος ή αύρα, όπως επίσης είναι και η αιφνίδια εμφάνιση της επιφάνειας της θάλασσας σε μορφή επίπεδη, ιδίως υπήνεμα. Η εμφάνιση αυτού του ίδιου του παγόβουνου δεν αποτελεί ασφαλή ένδειξη ότι θα συναντηθεί σύντομα πακέτο πάγου, επειδή μπορεί να βρεθούν παγόβουνα ακόμη και σε μεγάλες αποστάσεις από την περιοχή του πακέτου. Αν πλησιάζει κανείς θαλάσσιο πάγο από την προσήνεμη πλευρά, ο πάγος είναι συνήθως εκεί συμπαγής και το άκρο του προσδιορίζεται με απότομες κλίσεις. Αν όμως πλησιάζει κανείς πάγο από την υπήνεμη πλευρά του, ο πάγος αυτός είναι κάπως χαλαρός και διεσπαρμένος, συνήθως δε σχηματίζει μακρούς και στενούς βραχίονες.

Ένα άλλο αξιόπιστο σημάδι ότι πλησιάζει κανείς σε πακέτο πάγου, που ακόμη δεν είναι ορατό, αποτελεί η εμφάνιση στον ορίζοντα ενός σχεδίου, το οποίο ονομάζεται και **ουράνιος χάρτης** (sky map), ή η εμφάνιση του χάρτη αυτού στην κάτω πλευρά εκτεταμένων περιοχών νεφών, που δημιουργείται από μεταβαλλόμενες ποσότητες φωτός, καθώς αυτές ανακλώνται επάνω σε διαφορετική ύλη, που βρίσκεται στην επιφάνεια της θάλασσας ή στην επιφάνεια της γης. Η λαμπερή, λευκή έκλαμψη, ή **έκλαμψη του χιονιού** (snow blink) θα παρατηρηθεί επάνω από επιφάνεια σκεπασμένη με χιόνι. Όταν η ανάκλαση του φωτός στην κάτω πλευρά των νεφών προέρχεται από συσσωρευση πάγου, η έκλαμψη είναι κάπως λιγότερο λαμπερή και ονομάζεται **έκλαμψη του πάγου** (ice blink). Σκοτεινό σχετικά σχέδιο ανακλάται στην κάτω πλευρά των νεφών, όταν αυτή βρίσκεται πάνω από ξηρά που δεν είναι σκεπασμένη με χιόνι. Το σχέδιο αυτό ονομάζεται **χερσαίος ουρανός** (land sky). Περισσότερο όμως σκοτεινό σχέδιο θα παρατηρηθεί, όταν τα σύννεφα βρίσκονται επάνω από την ανοικτή υδάτινη περιοχή, οπότε το σχέδιο ονομάζεται **υδάτινος ουρανός** (water sky). Ο ναυτικός που έχει εξασκηθεί στην αναγνώριση των ουρανίων χαρτών, που βρίσκονται από επάνω του, και των λεπτομερειών τους, θα τους βρει χρήσιμους, για να αποφεύγει τον πάγο ή για να ερευνά για ανοίγματα της θάλασσας, τα οποία θα επιτρέψουν στο πλοίο του να προχωρήσει μέσα από αυτόν.

Μία άλλη ένδειξη της παρουσίας θαλάσσιου πάγου αποτελεί ο σχηματισμός ομίχλης σε παχιά στρώματα, επάνω από τα άκρα του πάγου, καθώς η υγρασία συμπυκνώνεται κατά τη διεύλευση θερμού αέρα επάνω από τον ψυχρότερο πάγο. Η απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα ή της θάλασσας ή της αλμυρότητας του θαλάσσιου νερού δεν αποτελεί αξιόπιστο σημάδι προσεγγίσεως παγόβουνου ή πακέτου πάγου. Όμως η πτώση της θερμοκρασίας του θαλάσσιου νερού κατά 1,1°C αποτελεί ίσως ένδειξη, ότι το πλοίο βρίσκεται ήδη σε απόσταση 90 χιλιομέτρων από το πακέτο του πάγου.

Η παρουσία ορισμένων ειδών ζώων και πτηνών μπορεί επίσης να είναι ενδεικτική του ότι το πακέτο πάγου βρίσκεται σε κοντινή απόσταση. Η

εμφάνιση θαλασσίων ίππων, φωκών ή πολικών άρκτων στον Αρκτικό ωκεανό πρέπει να αποτελεί προειδοποίηση για το ναυτιλλόμενο, ότι το πακέτο πάγου βρίσκεται κοντά. Στην Ανταρκτική οι συνηθισμένοι προάγγελοι του θαλάσσιου πάγου είναι οι πιγκουίνοι, τα θαλάσσια χελιδόνια (terns), οι θαλασσοβάτες διαφόρων ειδών (petrels και fulmars), καθώς και ορισμένα είδη μεγάλου γλάρου (skuas).

Ο ναυτιλλόμενος θα κάνει καλά, αν παρατηρεί τις συνθήκες όλων των ειδών ζώων και πτηνών που συναντά, γιατί οι πληροφορίες που έτσι θα αποκτά θα του είναι χρήσιμες σε επόμενα ταξίδια του.

Όταν η ορατότητα περιορίζεται, το ραντάρ μπορεί να αποδειχθεί ως το πιο ανεκτίμητο εργαλείο στα χέρια του ναυτικού, που πλέει σε πολικές περιοχές. Παρά το ότι πολλά παγόβουνα είναι δυνατό να παρατηρούνται οπτικά τις καθαρές ημέρες, πριν γίνει η χρήση της οθόνης του ραντάρ, η χρήση του ραντάρ θα επιτρέψει τον εντοπισμό κάποιου παγόβουνο μεσαίου μεγέθους σε αποστάσεις 15-18 χιλιομέτρων περίπου, όταν οι συνθήκες καιρού είναι δυσμενείς. Η ένταση του επιστρεφόμενου σήματος μετά την ανάκλασή του επάνω στο παγόβουνο εξαρτάται από τη μορφή της εκτεθειμένης επιφάνειας του παγόβουνου (κατά πόσο δηλαδή έχει κλίση ή τραχύτητα). Παρά ταύτα είναι ασυνήθιστο να βρεθεί παγόβουνο, που δεν θα παράγει επιστρεφόμενη ηχώ για εντοπισμό.

Τα παγόβουνα της Ανταρκτικής που είναι μεγάλα και έχουν κάθετες πλευρές τραπεζοειδούς μορφής, καθώς και τα αρκτικά νησιά πάγου, εντοπίζονται συνήθως με ραντάρ από αποστάσεις 28-55 χιλιομέτρων, ενώ έχουν αναφερθεί και αποστάσεις 68,5 χιλιομέτρων.

Ενώ το μεγάλο παγόβουνο εντοπίζεται με το ραντάρ σχεδόν πάντοτε έγκαιρα, ώστε να αποφεύγεται από το ναυτιλλόμενο, το τεμάχιο του θορυβώδους πάγου, που είναι έστω αρκετά μεγάλο, ώστε να αποτελεί σοβαρό κίνδυνο για το πλοίο, ίσως να χάνεται μέσα σε ανάκλαση του ραδιοκύματος επάνω στη θάλασσα και συνεπώς να μην επιτυγχάνεται έτσι ο εντοπισμός του. Αν κάποιο παγόβουνο ή θορυβώδες πάγος εντοπίζεται με το ραντάρ, η παρακολούθηση της πορείας του είναι μερικές φορές απαραίτητη, ώστε να επιτρέπεται η διάκρισή του από τυχόν θράχους, νησίδες ή άλλα πλοία στην περιοχή.

Το ραντάρ μπορεί να αποδειχθεί πολύ επιβλητικό σε εκείνον, που έχει πείρα ερμηνείας των εικόνων της οθόνης του. Ο ομαλός θαλάσσιος πάγος, όπως και η ομαλή επιφάνεια της θάλασσας, επιστρέφουν λίγο ήχο ή δεν επιστρέφουν καθόλου ήχο, ενώ μικρά ανώμαλα φύλλα πάγου ή οι λοφοσειρές, που είναι ικανές να προκαλέσουν βλάβη σε πλοίο, είναι δυνατό να εντοπισθούν μέσα σε ήρεμη θάλασσα σε απόσταση 4-6 χιλιομέτρων. Ο επιστρεφόμενος ήχος ίσως είναι παρόμοιος με τον ήχο που επιστρέφει από ανάκλαση επάνω στη θάλασσα, οι ίδιοι δε ήχοι εμφανίζονται σε κάθε σάρωση. Ο οδηγός που σχηματίζεται ανάμεσα σε ομαλά φύλλα πάγου ή λοφίσκους είναι καθαρά ευδιάκριτος επάνω στην οθόνη του ραντάρ, ακόμη και όταν κάποιο λεπτό στρώμα νέου πάγου έχει σχηματισθεί μέσα στο άνοιγμα. Το ελαφρό επικάλυμμα του χιονιού που σβήνει από το μάτι πολλές λεπτομέρειες των διαφόρων χαρακτηριστικών των επιφανειών, ασκεί μικρή επίδραση στις επιστρεφόμενες ανακλάσεις του ραντάρ. Η απόσταση μέχρι την οποία μπορεί να εντοπισθεί ο

πάγος από το ραντάρ εξαρτάται κάπως από τη διάθλαση, που όμως είναι μερικές φορές εντελώς αφύσικη στις πολικές περιοχές. Η κατάλληλη εκπαίδευση και η εμπειρία είναι απαραίτητες, αν επιδιώκεται πλήρες όφελος από τη χρησιμοποίηση του ραντάρ.

Οι αντίλαλοι της σφυρίχτρας του πλοίου ή ηχητικού κέρατος είναι πιθανόν να αποκαλύπτουν μερικές φορές την παρουσία των παγόβουνων. Οι αντίλαλοι αυτοί μπορούν να δώσουν ένδειξη της κατευθύνσεώς τους. Αν μετρηθεί το χρονικό διάλειμμα μεταξύ του ήχου και του αντίλαλου του, η απόσταση μεταξύ του πλοίου και του παγόβουνου μπορεί να προσδιορισθεί με πολλαπλασιασμό του αριθμού των δευτερολέπτων του χρονικού διαλείμματος και του αριθμού 168. Παρά ταύτα οι αντίλαλοι δεν αποτελούν αξιόπιστη ένδειξη, επειδή είναι δυνατόν να ακούγονται μόνο από τα τμήματα εκείνα του πάγου, τα οποία παρουσιάζουν μεγάλες κατακόρυφες επιφάνειες προς το πλοίο, ικανές να προκαλέσουν αξιόλογη ηχητική ανάκλαση. Επίσης είναι πιθανό να ακούγονται αντίλαλοι από την ξηρά ή από κάποια συγκεχυμένη όχθη.

Το σόναρ είναι υποβοηθητικό μερικές φορές για εντοπισμό του πάγου σε σχετικά μικρές αποστάσεις. Ο αρχικός εντοπισμός των παγόβουνων με την υποβρύχια αυτή ηχοεντοπιστική συσκευή είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί σε αποστάσεις πέντε χιλιομέτρων περίπου ή και σε ακόμη μεγαλύτερες, συνήθως όμως πραγματοποιείται σε μικρότερες, ανάλογα με την ηχητική κατάσταση της θάλασσας κυρίως. Οι θορυβώδεις πάγοι μορφής μικρών παγόβουνων μπορούν να εντοπισθούν ίσως σε απόσταση 900 μέτρα έως 2,5 χιλιόμετρα, ενώ τα ακόμη μικρότερα τεμάχια ίσως εντοπίζονται εγκαίρως, ώστε να αποφεύγονται. Το υποβρύχιο τμήμα του παγόβουνου αποτελεί ασφαλώς καλύτερο στόχο για το σόναρ από το στόχο που αποτελεί το τμήμα του εκείνο που βρίσκεται επάνω από το νερό, αν ληφθεί υπόψη άλλωστε ότι το μισό έως τα επτά όγδοα της μάζας του παγόβουνου είναι πιθανόν να βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

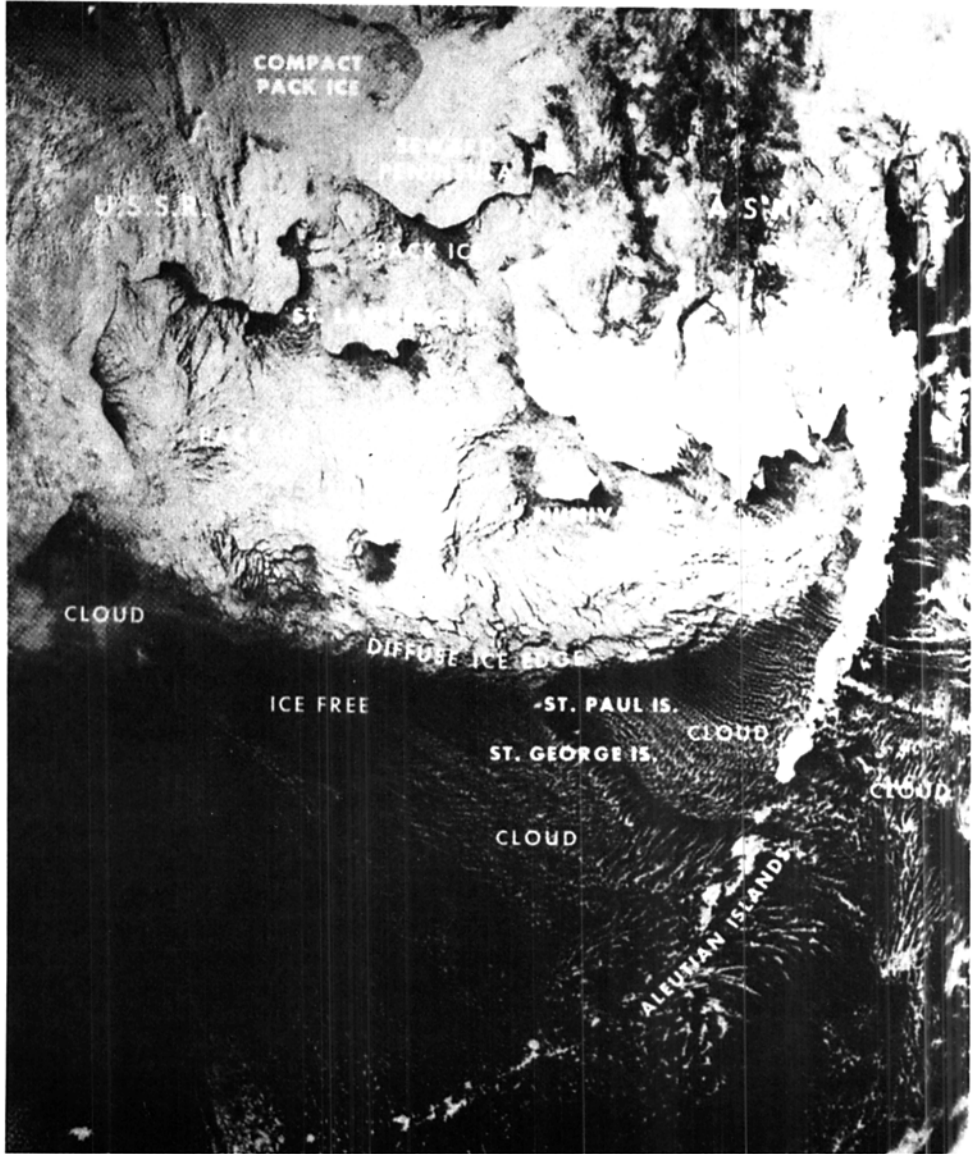
Ο πάγος εντοπίζεται και παρατηρείται μέσα στις πολικές περιοχές καλύτερα από τον αέρα, είτε δηλαδή με αεροσκάφος είτε με δορυφορικά συστήματα επιτηρήσεως που χρησιμοποιούν αισθητήριες μονάδες, οι οποίες λειτουργούν αυτόματα εξ αποστάσεως. Έχουν χρησιμοποιηθεί εντατικά αεροσκάφη με σταθερές πτέρυγες, για να αποκτηθεί έτσι λεπτομερειακή αναγνώριση του πάγου από τον αέρα από τις αρχές του 1930 και δεν υπάρχει αμφιβολία, ότι αεροσκάφη αυτού του τύπου θα εξακολουθήσουν να παρέχουν τις πολύτιμες υπηρεσίες τους και στα επόμενα χρόνια.

Μερικά πλοία, και ιδίως τα παγοθραυστικά, που πλέουν προς τα υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη, μεταφέρουν μαζί τους ελικόπτερα, που είναι ανεκτίμητα για τον εντοπισμό του πάγου, καθώς και για να προσδιορίζουν τις σχετικά πλεύσιμες περιοχές ανάμεσα στα διάφορα τμήματα του πακέτου του πάγου. Αν αυτά τα ελικόπτερα, τα πλοία που τα υποστηρίζουν, καθώς και τα αεροσκάφη που πετούν εκτελώντας αεροπορική αναγνώριση, μπορούν να αποκαταστήσουν συνεννόηση μέσω ασυρμάτου με άλλα πλοία που πλέουν στη περιοχή, μπορούν να παρέχουν σ' αυτά πάρα πολύ χρήσιμες πληροφορίες. Οι αναφορές πάγου, εξάλλου, που υποβάλλονται από το προσωπικό το οποίο επανδρώνει τους παράκτιους σταθμούς της αρκτικής και ανταρκτικής περιοχής, μπορούν να αποδειχθούν πολύτιμες στο ναυτικό που πλέει στις πολικές θάλασσες.

Οι τεράστιες δυνατότητες των μετεωρολογικών δορυφόρων, ως προς την αναγνώριση του πάγου, επιβεβαιώθηκαν αμέσως, μέσα δηλαδή σε ώρες μετά από την εκτόξευση από την Εθνική Υπηρεσία Αεροναυτικής και Διαστήματος (National Aeronautics and Space Administration - NASA) του πρώτου πειραματικού μετεωρολογικού δορυφόρου, του TIROS I, την πρώτη Απριλίου 1960. Αν και ο δορυφόρος αυτός τοποθετήθηκε επάνω σε ισημερινή τροχιά, ήταν εντούτοις ικανός να εντοπίσει νερά σκεπασμένα με πάγο μέσα στην περιοχή από τον κόλπο του Αγίου Λαυρεντίου μέχρι τη Νέα Γη. Με τη χρησιμοποίηση των μετεωρολογικών δορυφόρων επάνω σε πολική τροχιά, κατά τη διάρκεια των μέσων και του τέλους του 1960, το Ναυτικό των ΗΠΑ άρχισε ένα επιχειρησιακό πρόγραμμα αναγνώρισης του πάγου με δορυφόρους, το οποίο μπορεί να παρατηρήσει σε καθημερινή βάση τον πάγο και τις μετακινήσεις του σε οποιαδήποτε περιοχή της γήινης σφαίρας ανάλογα με τον ηλιακό φωτισμό. Με την προσθήκη στη συνέχεια πιο βελτιωμένων αισθητηρίων μονάδων, όπως είναι τα **υπεριώδη ραδιόμετρα υψηλής αναλύσεως** (high resolution infrared radiometers), τα **ραδιόμετρα ορατής περιφερειακής εκπομπής** (visible scanning radiometers - SR) και τα **ραδιόμετρα πολύ υψηλής αναλύσεως** (very high resolution radiometers - VHRR), που λειτουργούν επίσης μέσα στο ορατό και μέσα στο υπεριώδες φάσμα, καθώς και τα **συστήματα μικροκυμάτων** (microwave systems), παρέχονται περισσότερο διαθέσιμα λεπτομερειακά στοιχεία πάγου ανά τη γήινη σφαίρα, αποκτημένα με δορυφόρους και κάτω από οποιεσδήποτε συνθήκες καιρού και φωτισμού, με αναλύσεις σε μερικές περιπτώσεις, κάτω από 100 μέτρα. Παραδείγματα δορυφορικής απεικόνισης νερών που σκεπάζονται με πάγο φαίνονται στα σχήματα 7.13α και 7.13β.

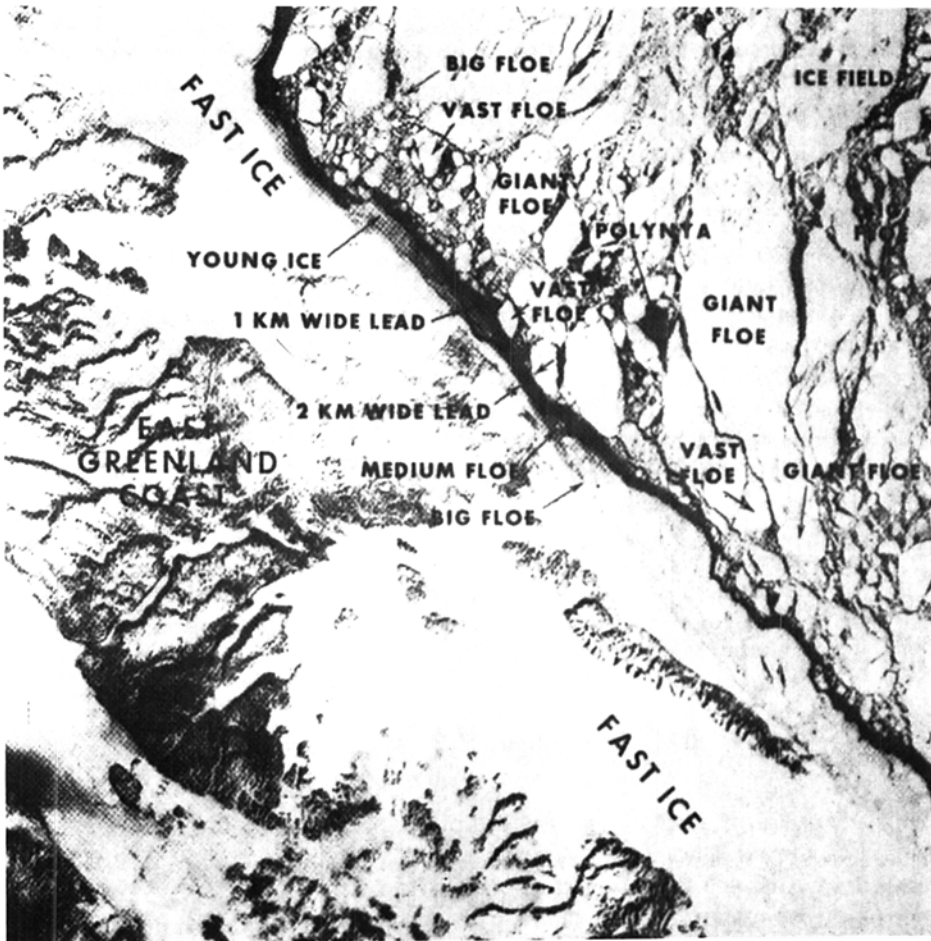
Με τη χρησιμοποίηση φορητής συσκευής **αυτόματης εκπομπής εικόνας** (automatic picture transmission - ART), η οποία μπορεί να τοποθετηθεί εύκολα πάνω στα πλοία ή αεροσκάφη, είναι δυνατή η συλλογή στοιχείων της ορατής ή υπεριώδους ακτινοβολίας, που εκπέμπονται από επιχειρησιακούς δορυφόρους κατά τη διάρκεια της διευλεύσεώς τους επάνω από το σταθμό συλλογής πληροφοριών. Με αυτόν δηλαδή τον τρόπο εκπέμπονται από τα ραδιόμετρα περιφερειακής εκπομπής του δορυφόρου στοιχεία πάγου και λαμβάνονται από σταθμούς ART, που είναι εγκατεστημένοι οπουδήποτε επάνω στις πολικές περιοχές, σε θέσεις όμως κατάλληλες, ώστε να εξασφαλίζουν γραμμή διοπτύσεως με το δορυφόρο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι φορητές συσκευές ART έχουν γενικά μικρό μέγεθος και είναι φθηνές. Αποτελούνται συνήθως από ένα δέκτη με πακέτο φωτογραφικής μηχανής λήψεως, ένα προσαρμογέα του ραδιόμετρου περιφερειακής εκπομπής, ένα μαγνητικό καταγραφέα των στοιχείων, ώστε να είναι δυνατή έτσι αργότερα η επανάληψη της αναγνώσεώς τους, και μια κεραία περιφερειακής λήψεως για χρήση από το πλοίο ή το αεροσκάφος. Διατίθεται επίσης και υποτυπωτής εκτύπωσης με την προσθήκη μικροϋπολογιστή, ο οποίος επαυξάνει τις δυνατότητες απεικόνισης των στοιχείων, καθώς επίσης και μικρός εκτυπωτής για την εμφάνιση των στοιχείων του υπολογιστή. Γενικές πληροφορίες σχετικές με τους επιχειρησιακούς δορυφόρους, τα διάφορα συστήματα ART, τους τύπους και τα μοντέλα των μονάδων παροχής στοιχείων από δορυφόρους, που διατίθενται, καθώς και σχετικές με τις συχνότητες και τους χρόνους εκπομπής, μπορούν να ληφθούν

από την Εθνική Υπηρεσία Περιβατολογικών Δορυφόρων (National Environmental Satellite Service) της Εθνικής Διοικήσεως των Ωκεανών και Ατμοσφαιρας (National Oceanic and Atmospheric Administration) της Ουάσιγκτων, D.C.



Σχ. 7.13α.

Παράδειγμα δορυφορικής απεικόνισης με ανάλυση 0,9 χιλιομέτρου.



Σχ. 7.138.

Παράδειγμα δορυφορικής απεικόνισης με ανάλυση 80 μέτρων.

7.14. Επιχειρήσεις μέσα στους πάγους.

Οι επιχειρήσεις μέσα στις πολικές περιοχές απαιτούν απαραίτητα προσεκτική σχεδίαση εκ των προτέρων και πολύ περισσότερα προληπτικά μέτρα από εκείνα που χρειάζονται πριν από ένα τυπικό ταξίδι στον ωκεανό. Το πλήρωμα του πλοίου που θα ταξιδέψει στους πάγους, ανεξάρτητα αν είναι ολιγάριθμο ή πολυάριθμο, θα πρέπει να διδαχθεί τις αρχές των βασικών πολικών επιχειρήσεων, χρησιμοποιώντας τις καλύτερες και πιο αξιόπιστες πηγές που διατίθενται. Τα θέματα που θα καλύπτονται πρέπει να περιλαμβάνουν εκπαίδευση στο χειρισμό του πλοίου μέσα σε πάγους, πολική ναυσιπλοΐα, επιδράσεις των

χαμηλών θερμοκρασιών στο υλικό και στις συσκευές, διαδικασίες ελέγχου βλαβών, προβλήματα επικοινωνιών και συνεννοήσεως, πολική μετεωρολογία του θαλάσσιου πάγου, διαδικασίες παρατηρήσεως και αναφορών πάγου (στις οποίες πρέπει να περιλαμβάνονται διαβαθμίσεις και κώδικες), καθώς και προβλήματα επιβιώσεως μέσα στις πολικές περιοχές. Το υλικό εκπαίδευσής θα πρέπει να βασίζεται σε αναφορές πλοίων από προγενέστερα ταξίδια μέσα στον Αρκτικό και Ανταρκτικό ωκεανό, σε οδηγίες πλού, σε άτλαντες πάγου, σε εκπαιδευτικές ταινίες, σχετικές με πολικές επιχειρήσεις, καθώς και στα υπηρεσιακά εγχειρίδια του Πολεμικού Ναυτικού των ΗΠΑ, τα οποία περιέχουν λεπτομέρειες γύρω από τις διαδικασίες που συνιστώνται να ακολουθηθούν κατά τη διάρκεια αποστολών σε μεγάλα γεωγραφικά πλάτη. Πληροφορίες που σχετίζονται με τις πηγές, που πρέπει να χρησιμοποιούνται για την ανάλογη εκπαίδευση και ενημέρωση, μπορούν να αποκτηθούν από το Διευθυντή της Διοικήσεως Ναυτικής Ωκεανογραφίας και Μετεωρολογίας (Director Naval Oceanography and Meteorology Command), ο οποίος εδρεύει στο St. Louis του Mississippi, καθώς και από το Γραφείο των Πολικών Προγραμμάτων του Εθνικού Ιδρύματος Επιστημών (Office of Polar Programs, National Science Foundation), που εδρεύει στην Ουάσιγκτων D.C.

Η προετοιμασία ενός σκάφους για πολικά ταξίδια είναι έργο μεγάλης σπουδαιότητας και πρέπει να γίνεται εκμετάλλευση της αξιοσημείωτης εμπειρίας, που έχει αποκτηθεί από προηγούμενες επιχειρήσεις, ώστε να έλθει το πλοίο στην πιο ωφέλιμη επιχειρησιακή του κατάσταση. Σαν ελάχιστη απαίτηση πρέπει να ληφθεί υπόψη, ότι οι επιχειρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί σε νερά στα οποία επικρατούν πάγοι, έχουν αποδείξει, ότι απαιτούνται ορισμένες τροποποιήσεις στο περίβλημα του σκάφους, καθώς και στο σύστημα προώσεώς του.

Η πλήρη και η ίσαλος του πρωαίου μέρους του σκάφους πρέπει να ενισχυθούν πολύ. Παρόμοια ενίσχυση απαιτείται επίσης στους χώρους προώσεως του σκάφους. Οι έλικες, που είναι κατασκευασμένες από χυτοσίδηρο ή από μίγμα ορειχάλκου, δεν διαθέτουν την αντοχή που απαιτείται, για να λειτουργούν με ασφάλεια μέσα στον πάγο. Συνεπώς συνιστάται με έμφαση, οι έλικες που είναι κατασκευασμένες με αυτά τα υλικά να αντικαθίστανται από άλλες κατασκευασμένες από χάλυβα. Άλλα επιθυμητά χαρακτηριστικά του πλοίου είναι να μην έχει κατακόρυφες πλευρές, η τοποθέτηση των ελίκων να είναι βαθιά, η πλήρη να έχει αμβλύ σχήμα, να μη καταλήγει δηλαδή σε αιχμή, αλλά σε στρογγυλεμένη κυρτότητα, να γίνεται τοποθέτηση μεταλλικών προστατευτικών καλυμμάτων στις έλικες, ώστε να αποφεύγονται θλάβες από τον πάγο, καθώς και να είναι εφοδιασμένο με σωσίβιες λέμβους με κάλυψη 150% του προσωπικού που επιβαίνει. Ο πλήρης κατάλογος των τροποποιήσεων, εφοδίων και άλλων χαρακτηριστικών εξαρτάται από την περιοχή επιχειρήσεων του πλοίου, τον τύπο του πάγου που αναμένεται ότι θα συναντήσει, τη διάρκεια κατά την οποία θα παραμείνει κοντά στον πάγο, την προβλεπόμενη συνδρομή από παγοθραυστικά και πιθανόν από άλλους παράγοντες. Οι απαιτήσεις ενισχύσεως, το ελάχιστο πάχος των νομέων του πλοίου, που κρίνεται απαραίτητο, καθώς και οι επιπρόσθετες πλάκες μετάλλου που πρέπει να τοποθετηθούν για ενίσχυσή του και γενικά οι σχετικές ανάγκες οι οποίες πρέπει να ικανοποιηθούν, ώστε ένα πλοίο να επιχειρήσει ταξίδι σε

πάγους, μπορούν να ληφθούν από το Αμερικανικό Γραφείο Ναυτιλίας (American Bureau of Shipping). Για πιο οριστική και πιο πλήρη καθοδήγηση, ως προς την ενίσχυση των πλοίων που θα πλεύσουν στους πάγους, είναι προτιμότερο να απευθυνθεί ο ναυτιλλόμενος στις διαδικασίες που περιγράφονται στους **κανόνες για ενίσχυση των πλοίων που πλέουν σε πάγους** (Rules for Strengthening of ships), οι οποίες έχουν εκδοθεί από το Συμβούλιο Ναυσιπλοίας (Board of Navigation) του Ελσίνκι της Φινλανδίας.

Το υλικό που είναι απαραίτητο να ανταποκρίνεται στις βασικές ανάγκες του πληρώματος και να εξασφαλίζει την πιο επιτυχημένη και πιο ασφαλή συμπλήρωση ενός πολικού ταξιδιού, δεν θα πρέπει να αγνοείται. Ένας ελάχιστος πίνακας απαραίτητων ειδών πρέπει να περιλαμβάνει πολικές ενδυμασίες και υποδήματα, τροφή, βιταμίνες, ιατρικά εφόδια, καύσιμα, συσσωρευτές, αντιπαγωτικά, εκρηκτικά, πυροκροτητές, φωτοβολίδες, μετεωρολογικά εφόδια, καθώς και κουτιά επιβίωσης με περιεχόμενο υπνοσάκκου, κυλιόμενα δοχεία με τρόφιμα, πυροβόλα όπλα, πυρομαχικά, εξαρτήματα αλιείας, ιατρικά εφόδια κινδύνου και κουτί με εργαλεία και είδη επισκευών.

Οποιαδήποτε κι αν είναι η κατηγορία του πλοίου, πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι θα εκτεθεί σε διάφορους κινδύνους, οι οποίοι ίσως του δημιουργήσουν βλάβες. Η ασφάλεια του σκάφους εξαρτάται κυρίως από τη συνεχή και την ορθή πρόβλεψη των αναγκών προετοιμασιών, την επαγρύπνηση και εξάσκηση του πληρώματος, καθώς και από την ικανότητά του να προβεί σε επισκευές, αν το πλοίο υποστεί βλάβες. Αμοιβές έλικες, εξαρτήματα του ηηδαλιού, καθώς και υλικά για την επικόλληση επιθεμάτων στο σκάφος (μπαλώματα), μαζί με τις απαραίτητες συσκευές και υλικό για αποτελεσματική επισκευή του σκελετού του σε έκτακτες ανάγκες και επικίνδυνες καταστάσεις, θα πρέπει επίσης να βρίσκονται μέσα στο πλοίο. Δείγματα του υλικού επισκευών που χρειάζεται περιλαμβάνουν τσιμέντο ταχείας πήξεως, στουπί, καμβά, δοκούς, σανίδες, τεμάχια σιδήρου διαφόρων σχημάτων, συσκευή συγκολλήσεως, σφιγκτήρες και πλήρη σειρά από αρσενικές και θηλυκές βίδες, παξιμάδια, παρακύκλους (δακτυλίδια) και καρφιά.

Η συσσώρευση του πάγου και του χιονιού επάνω σε τμήματα του σκάφους το εκθέτουν σε βέβαιο κίνδυνο, συνεπώς θα πρέπει να προβλεφθεί ο εφοδιασμός του με ξύλινα και σιδερένια σφυριά και βαριές, καθώς και με ξύστες, για να υποβοηθηθεί έτσι η αφαίρεση της μεγάλης συσσωρεύσεως του πάγου, μαζί με τον εφοδιασμό με φτυάρια χιονιού και δύσκαμπτες σκούπες για την αφαίρεσή του.

Η ναυσιπλοία στα πολικά νερά είναι δύσκολη ακόμη και με ευνοϊκές συνθήκες, κατά τη διάρκεια δε δυσμενών συνθηκών είναι σχεδόν αδύνατη. Οι περιβαλλοντολογικές συνθήκες, που συναντώνται στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, όπως η ομίχλη, οι καταιγίδες, οι ανωμαλίες της πυξίδας, οι ατμοσφαιρικές επιδράσεις και ο πάγος, βέβαια παρεμποδίζουν σοβαρά τις πολικές επιχειρήσεις. Επίσης οι παραλήψεις ως προς την αξιοπιστία και τις λεπτομέρειες των υδρογραφικών και γεωγραφικών πληροφοριών, που παρουσιάζονται στους πολικούς ναυτικούς χάρτες, συνδυαζόμενες με αξιοπρόσεκτη έλλειψη αξιοπιστίας απεικονίσεως των βαθών της θάλασσας, των στοιχείων ρευμάτων και παλίρροιας και άλλων απαραίτητων υδρογραφικών πληροφοριών, προστί-

θενται στα προβλήματα που παρουσιάζει η πολική ναυσιπλοΐα. Σήμερα καταβάλλεται μεγάλη προσπάθεια στις πολικές περιοχές, για να βελτιωθεί το γεωδαιτικό δίκτυο και ο γεωδαιτικός έλεγχος, ο τριγωνισμός και η ποιότητα των υδρογραφικών και τοπογραφικών πληροφοριών, που είναι απαραίτητες για την κατασκευή πολικών χαρτών με ακρίβεια, μέχρις ότου όμως συμπληρωθεί η μαζική αυτή αποστολή, η μόνη διαθέσιμη πηγή για το ναυτιλλόμενο, και ιδίως κατά τη διάρκεια περιόδων φτωχών συνθηκών περιβάλλοντος, είναι να συμμορφώνεται με τις βασικές αρχές της ναυσιπλοΐας και να τις προσαρμόζει σε μη συμβατικές μεθόδους, όταν παρουσιάζονται αφύσικες καταστάσεις.

Μόλις γίνει προσέγγιση στο πακέτο του πάγου, πρέπει αμέσως να ληφθεί προσεκτική απόφαση, προκειμένου να προσδιορισθεί η πιο κατάλληλη ενέργεια, που πρέπει να εφαρμοσθεί. Συχνά είναι δυνατό να πλεύσει κανείς γύρω από τον πάγο παρά μέσα από αυτόν. Με την ενέργεια αυτή κερδίζεται χρόνος, παρά χάνεται, εκτός αν το πακέτο του πάγου είναι πολύ χαλαρό, οπότε μπορεί να πλεύσει κανείς και μέσα από αυτό. Όταν το πλοίο πλέει περιφερειακά από το πεδίο πάγου ή από παγόβουνο, πρέπει να κινηθεί προς την προσηνέμη πλευρά, αν η επιλογή αυτή είναι δυνατή, ώστε να αποφύγει τις γλώσσες του πάγου που προβάλλουν ή τα ανεξάρτητα κομμάτια, τα οποία έχουν παρασυρθεί μακριά από το κύριο σώμα του.

Όταν είναι αναγκαίο να εισπλεύσει το πλοίο μέσα στο πακέτο του πάγου, πρέπει να γίνει προσεκτική εξέταση της διανομής και της εξαπλώσεως του τελευταίου από την υψηλότερη δυνατή θέση. Η χρησιμοποίηση αεροσκαφών (και ιδίως ελικοπτέρων), καθώς και η απ' ευθείας ανάγνωση των στοιχείων, που δίνουν οι δορυφόροι, έχουν πολύ μεγάλη αξία για τον προσδιορισμό της φυσιολογίας του πάγου που πρόκειται να αντιμετωπισθεί. Τα πιο σπουδαία χαρακτηριστικά, που πρέπει να προσεχθούν, περιλαμβάνουν τον εντοπισμό της θέσεως περιοχών με νερό, όπως είναι οι οδηγοί και τα ανοίγματα πολύνυας, τα οποία είναι πιθανό να φανερώνονται και από τον υδάτινο ουρανό, οι θέσεις των παγόβουνων, καθώς και η παρουσία ή η απουσία τόσο του πάγου πιέσεως, όσο και του σαπισμένου πάγου. Κάποια προστασία μπορεί να προσφερθεί στις έλικες, στα εξαρτήματα και στη συνδεσμολογία του πηδαλίου, βυθίζοντας την πρύμνη του πλοίου ελαφρά (και πάντως όχι περισσότερο από 60 ή 90 εκατοστά του μέτρου), πριν αυτό εισπλεύσει στον πάγο. Το προφυλακτικό αυτό όμως μέτρο δυσχεραίνει συνήθως την ικανότητα ελιγμών των περισσότερων πλοίων, που δεν έχουν ναυπηγηθεί ειδικά σαν παγοθραυστικά.

Η επιλογή του σημείου εισόδου στο πακέτο πάγου χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή. Αν τα όρια του πάγου αποτελούνται από το πακέτο ή από πάγο πιέσεως, συνιστάται να παρακαμφθεί το άκρο αυτό, μέχρις ότου εντοπισθεί ένα άλλο σημείο εισόδου, περισσότερο επιθυμητό. Πρέπει να αναζητούνται περιοχές με μικρές συγκεντρώσεις πάγου, περιοχές με σάπιο πάγο ή εκείνες που περιέχουν πλεύσιμους οδηγούς, αν δε είναι δυνατόν ο είσπλους πρέπει να γίνεται από την υπήνεμη πλευρά με πορεία κάθετη προς το χείλος του πάγου. Συνιστάται επίσης να λαμβάνεται υπόψη η κατεύθυνση και η ένταση του ανέμου, καθώς και η ένταση των ρευμάτων που επικρατούν και η έκπτωση που προκαλούν, όταν προσδιορίζεται το σημείο εισόδου και η πορεία που πρέπει κατόπιν να ακολουθηθεί. Λόγω της επιδράσεως εκείνης του ανέμου που προκαλεί κυματισμό, τα φύλλα του πάγου που επιπλέουν κοντά στην περιφέ-

ρεια του πακέτου του πάγου, θα πραγματοποιούν κίνηση με αναπηδήματα και αναταράξεις, η οποία μπορεί να αποδειχθεί πολύ επικίνδυνη για το περιβλημα σκαφών που είναι ελαφρά. Επίσης θα πρέπει να έχει κανείς κατά νου πάντοτε, ότι το πακέτο του πάγου θα παρασύρεται ελαφρά προς τα δεξιά της υπήνεμης κατεύθυνσεως του πραγματικού ανέμου, στο βόρειο ημισφαίριο και προς τα αριστερά της υπήνεμης κατεύθυνσεως στο νότιο (παράγρ. 7.8), καθώς και ότι οι οδηγίοι που ανοίγονται με τη δύναμη του ανέμου, θα εμφανίζονται κάθετοι προς την κατεύθυνσή του. Αν δεν είναι δυνατός ο εντοπισμός ενός κατάλληλου σημείου εισόδου, λόγω ακαταλλήλων συνθηκών, θα πρέπει να επιδειχθεί υπομονή. Οι ακατάλληλες συνθήκες γρήγορα βελτιώνονται μέσα σε μικρή χρονική περίοδο, μετά από μεταβολή του ανέμου, της παλίρροιας ή της καταστάσεως της θαλάσσης.

Μετά την είσοδο στο πακέτο του πάγου, **θα πρέπει να ενεργεί κανείς πάντοτε σύμφωνα με τον πάγο, όχι εναντίον του, και να συνεχίζει να πλέει**, αλλά να μην επισπεύδει την εργασία της συνδιαλλαγής με το πακέτο. Η υπομονή μπορεί να αμείψει καλά το ναυτιλλόμενο, ο οποίος οφείλει να σέβεται τον πάγο, αλλά να μην τον φοβάται. Θα πρέπει να προχωρεί με μικρή ταχύτητα στην αρχή και να επιλέγει το ανοιχτό νερό ή τις περιοχές με ασθενικό πάγο, αν είναι δυνατόν. Η ταχύτητα του σκάφους θα πρέπει να αυξάνεται προσεκτικά, μετά από επιβεβαίωση κατά πόσο αυτό χρειάζεται, κάτω από τις διάφορες συνθήκες πάγου που συναντώνται. Θα πρέπει ο ναυτιλλόμενος να θυμάται, ότι είναι πάντοτε καλύτερο να προχωρεί προς τη γενική κατεύθυνση που επιθυμεί να πλεύσει, παρά να μάχεται εναντίον μεγάλων τεμαχίων πάγου που επιπλέον ακριβώς επάνω στη πορεία που θα ήθελε να ακολουθήσει. Παρά ταύτα θα πρέπει να αποφεύγει τον πειρασμό να πλεύσει μακριά, προς τη μία πλευρά της πορείας του. Είναι σχεδόν πάντοτε καλύτερο να ανακόψει τον πλου κάνοντας και ανάποδα, ώστε να αναζητήσει περιοχή περισσότερο ευνοϊκή σε διείσδυση. Κατά τη διάρκεια αυτών των καταστάσεων, όταν είναι απαραίτητο να ανακόψει τον πλου και να κάνει ανάποδα, πρέπει να ενεργεί πάντοτε με μεγάλη προφύλαξη.

Οι συνθήκες του πάγου ίσως μεταβληθούν γρήγορα, ενώ το σκάφος κινείται μέσα στο πακέτο του πάγου, οπότε θα απαιτηθούν ορισμένοι σύντομοι ελιγμοί. Δεν θα πρέπει ποτέ να λησμονείται, ότι τα συμβατικά σκάφη, ακόμη και αν έχουν ενισχυθεί κατάλληλα για ταξίδια στους πάγους, δεν είναι ναυπηγημένα για πολιτική ναυσιπλοΐα.

Το σκάφος θα πρέπει να χαράξει πορεία με την πρώτη προσπάθεια, ώστε να πλεύσει μέσα σε οδηγούς ή ανοίγματα πολύνυας, αφού εκτιμηθούν βεβαίως προσεκτικά οι συνθήκες ανέμου. Η ηλικία, το πάχος και το μέγεθος του πάγου που μπορεί να θραυσθεί, εξαρτάται από τον τύπο, το μέγεθος, την ενίσχυση και την ιπποδύναμη που χρησιμοποιείται. Αν δεν μπορεί να αποφευχθεί η επαφή με φύλλα πάγου, δεν θα πρέπει το πλοίο ποτέ να προσκρούει επάνω τους με την πλευρά του ή πλάγια.

Ο ελιγμός αυτός ίσως ρίξει το πλοίο έξω από την πορεία του, σε κατεύθυνση τέτοια που μπορεί να φέρει την πρύμνη του, με απότομη εκτίναξη, μέσα στους πάγους. Αν είναι δυνατόν, πρέπει να αναζητούνται ασθενικά σημεία μέσα στα φύλλα του πάγου, οπότε το πλοίο πρέπει να τα χτυπά κατάπλωρα με μικρή

ταχύτητα. Δεν θα πρέπει να επιχειρείται θραύση των πάγων με πορεία ανάμεσα στα φύλλα, εκτός αν ο πάγος είναι σάπιος ή πολύ νεαρής ηλικίας. Θα πρέπει μάλλον να καταβάλλεται προσπάθεια, ώστε το φύλλο του πάγου να εκτινάσσεται προς την πλευρά του πλοίου, μετά από αύξηση της ταχύτητας με αργό ρυθμό. Πρέπει το πλοίο να κρατείται μακριά από γωνίες ή προεκβολές του πάγου, αλλά, για να τις αποφύγει, δεν θα πρέπει να κάνει απότομες στροφές, οι οποίες ίσως φέρουν την πρύμνη κατά μέτωπο με τον πάγο, οπότε θα προκληθούν βλάβες στην έλικα, στον αξονά της ή στο πηδάλιο. Δεν συνιστάται χρησιμοποίηση του πηδαλίου με γωνίες μέχρι την ακραία θέση του, εκτός αν υπάρχει κίνδυνος, διότι έτσι ίσως και πάλι προκληθεί εκτίναξη είτε της πρύμνης του πλοίου, είτε του μεσαίου τμηματός του, μέσα στον πάγο. Πρέπει να παρακολουθούνται προσεκτικά κατά τον πλου οι έλικες και το πηδάλιο και να απομακρύνονται, με μεγάλους παγοπάσσαλους, τα τεμάχια εκείνα του πάγου, τα οποία ενδέχεται να προκαλέσουν βλάβες σ' αυτά τα σπουδαία τμήματα του πλοίου. Η κράτηση των ελικών πρέπει να γίνεται μόνο τότε, όταν δεν είναι δυνατόν να αποφευχθεί ο πάγος.

Οι παράκτιοι άνεμοι ίσως ανοίξουν παράκτιους οδηγούς σχετικά ελεύθερους για ναυσιπλοία, πλην όμως δεν θα πρέπει να εισπλέει το πλοίο σε αυτούς χωρίς τη χρήσιμη συνοδεία παγοθραυστικού. Αν όμως είναι αναγκαίο να εισπλεύσει το πλοίο σε παράκτιους οδηγούς, σε στενούς διαύλους ή κόλπους, θα πρέπει να εξασφαλισθεί επιτήρηση συναγερμού, επειδή οποιαδήποτε μεταβολή του ανέμου ίσως προκαλέσει πτώση επάνω στο πλοίο τεμαχίων πάγου που παρασύρονται. Η αύξηση της εντάσεως του ανέμου επάνω στην προσήνεμη πλευρά διαφόρων σημείων πάγου που προεξέχουν, ή επάνω στην προσήνεμη πλευρά παγόβουνου ή και κάποιας γλώσσας χερσαίου πάγου που προεκτείνονται μέχρι μέσα στη θάλασσα, θα φέρει και πάλι το σκάφος σε κίνδυνο. Είναι πάντοτε φρονιμότερο να αναζητούνται οδηγοί προς την προσήνεμη πλευρά του κύριου σώματος του πακέτου πάγου. Σε περίπτωση κατά την οποία το σκάφος βρίσκεται σε άμεσο κίνδυνο να παγιδευθεί κοντά στην ακτή μέσα στο πακέτο του πάγου, πρέπει αμέσως να επιχειρηθεί στροφή και προσανατολισμός του πλοίου προς την κατεύθυνση της θάλασσας. Η κίνηση αυτή θα βοηθήσει να αποκτηθεί το πλεονέκτημα ελιγμών που παρουσιάζουν οι μικροί, έστω, χώροι ανοικτών περιοχών της θάλασσας που βρίσκονται ανάμεσα στα φύλλα πάγου που επιπλέουν. Η εργασία μέσα στις περιοχές αυτές πρέπει να διεξάγεται με προσοχή. Πρέπει να αποφεύγονται ήσυχα τα φύλλα στις πλευρές, ενώ θα διατηρείται η στενή επιτήρηση προς την κατεύθυνση της κινήσεως του πακέτου του πάγου.

Αν το πλοίο σταματήσει εντελώς από το πακέτο του πάγου, το καλύτερο που πρέπει να γίνει είναι να τηρηθεί το πηδάλιο στο μέσο και να κινούνται οι έλικες με χαμηλή ταχύτητα. Το ξέπλυμα των ελικών ίσως βοηθήσει να ξεκαθαρισθεί ο πάγος από την πρύμνη, ώστε να είναι δυνατή η κίνηση προς τα ανάποδα με ασφάλεια. Αν το πλοίο προσκολληθεί επάνω σε πάγο, όπως είναι η περίπτωση, κατά την οποία η πλώρη του πέφτει με δύναμη επάνω σε μαζικά φύλλα πάγου, πρέπει να επιχειρηθεί κατ' αρχήν κάποια προσπάθεια να απελευθερωθεί το πλοίο με ολοταχώς ανάποδα. Αν η κίνηση αυτή δεν είναι αποτελεσματική, τότε θα πρέπει ίσως να επιχειρηθεί κίνηση πρόσω ολοταχώς, αλλά με αλλαγή της γωνίας πηδαλίου από τη μία πλευρά στην άλλη, ώστε έτσι να προκαλείται

μετακίνηση της πλήρης δεξιά-αριστερά, καθώς η πρύμνη θα μετακινείται ελαφρά. Άλλη μία τότε προσπάθεια με κίνηση προς τα ανάποδα, θα πρέπει να απελευθερώσει το σκάφος. Το σκάφος επίσης ίσως απελευθερωθεί είτε με μεταφορά νερού από τις δεξαμενές μπάλλαστ που θα προκαλούσε έτσι κλίση του πλοίου, είτε με εναλλασσόμενες συμπληρώσεις και εκκενώσεις των πρωραίων και πρυμναίων δεξαμενών. Το πλήρωμα επίσης ίσως μπορέσει να διαχωρίσει τον πάγο στα σημεία εκείνα που ασκούν την πίεση, χρησιμοποιώντας λουστούς. Αν όλες αυτές οι μέθοδοι αποτύχουν, ίσως αποδειχθεί επιβοηθητική η χρησιμοποίηση ξυλίνων δοκών μήκους 2-4 μέτρων, οι οποίες θάβονται σε τρύπες που έχουν ανοιχθεί μέσα στον πάγο. Επάνω σε αυτές τις δοκούς δένεται το πλοίο από την πρύμνη του. Ίσως ακόμη αποδειχθεί επιβοηθητική η χρησιμοποίηση και πάλι από πρύμα αγκυρών πάγου, οι οποίες δεν έχουν κορμό, αλλά ένα μόνο ακραίο νύχι που χώνεται μέσα στον πάγο. Με τη χρησιμοποίηση λοιπόν των δοκών αυτών και των αγκυρών το πλοίο πιθανόν να απελευθερωθεί από τον πάγο, καθώς θα προβαίνει σε εισολκή τους και θα κινεί τις μηχανές του ανάποδα ολοταχώς.

Αν τελικά όλες οι μέθοδοι που προαναφέραμε αποτύχουν, η απελευθέρωση του πλοίου θα πρέπει να επιτευχθεί με τη χρησιμοποίηση εκρηκτικών. Τα εκρηκτικά αυτά τοποθετούνται μέσα σε τρύπες που έχουν ανοιχθεί κοντά στο βυθό του πάγου και 10-12 μέτρα περίπου μακριά από τις πλευρές του πλοίου και εκρηγνύονται καθώς οι μηχανές του πλοίου εργάζονται ανάποδα ολοταχώς. Το σκάφος ίσως επίσης απελευθερωθεί από τον πάγο, ακολουθώντας κάποια πριονωτή μετακίνηση, όταν η θερμοκρασία του αέρα βρίσκεται επάνω από το σημείο πήξεως του νερού της θάλασσας.

Όταν οι πάγοι περιβάλλουν το σκάφος τόσο πολύ κοντά, ώστε να χάσει οποιοδήποτε έλεγχο πηδαλιουχισεώς του και να ακινητοποιηθεί, είναι πλέον περιστοιχισμένο από πάγους (beset). Ίσως τότε μεταφερθεί με το πακέτο πάγου, καθώς αυτό παρασύρεται και εκπίπτει σε αβαθή νερά ή σε περιοχές που περιέχουν παχύτερο πάγο ή σε παγόβουνα, τα οποία, όλα, συνοδεύουν επικίνδυνες υποθρύχιες προεξοχές. Αν ο πάγος συμπιέζεται με δύναμη επάνω στο περίβλημα του σκάφους, το σκάφος **δαγκώνεται** από τον πάγο (nipred), ανεξάρτητα αν προκαλούνται ή όχι θλάβες. Όταν αυτό συμβεί, η πίεση που ασκείται προοδευτικά επάνω στο πλοίο ίσως προκαλέσει παραμόρφωση των υφάλων του. Η απελευθέρωση του πλοίου από αυτό το περιβάλλον ίσως επιτευχθεί με προσεκτικές διαδικασίες ελιγμών, με τις φυσικές προσπάθειες του πληρώματος ή με τη χρησιμοποίηση εκρηκτικών, παρομοίων με εκείνα που προαναφέραμε λεπτομερώς. Κάτω από δύσκολες συνθήκες ο καλύτερος σύμμαχος του ναυτικού είναι τότε ίσως η υπομονή επειδή θα υπάρξουν πολλές περιπτώσεις που τίποτε δεν μπορεί να γίνει, για να βελτιωθεί η άθλια κατάσταση του σκάφους μέχρις ότου παρατηρηθούν μεταβολές στις μετεωρολογικές συνθήκες. Είναι μια ευκαιρία για να γίνουν οικονομία στα καύσιμα και οποιεσδήποτε επισκευές χρειάζονται στο σκάφος και στις μηχανές του. Οι θλάβες στο πλοίο, όταν αυτό είναι περιστοιχισμένο από πάγους, έχουν συνήθως σχέση με συγκρούσεις ή με άσκηση πιέσεως μεταξύ του περιβλήματός του, των ελίκων ή του πηδαλίου του και των διαφόρων γωνιών του πάγου που έχει απότομες κλίσεις και επιφάνειες των φύλλων του. Οι συγκρούσεις

μπορούν να ελαχιστοποιηθούν, αν επιχειρηθεί να ευθυγραμμισθεί το σκάφος κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλισθεί ότι η πίεση που ασκείται από τους πάγους που το περιβάλλουν διανέμεται ισομερώς κατά το δυνατόν, επάνω στο περίβλημά του. Αυτό επιτυγχάνεται πάρα πολύ καλά, όταν περικυκλώνουν το σκάφος φύλλα πάγου μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους.

Κοντά στην περιοχή των παγόβουνων, είτε μέσα είτε έξω από το πακέτο του πάγου, πρέπει να γίνεται πολύ αυστηρή παρατήρηση, ώστε να δίνεται σε όλα τα παγόβουνα μεγάλος χώρος προσαρμοήσεως, να θεωρείται δηλαδή ότι χρειάζονται μεγάλο χώρο για τις κινήσεις τους. Οι κυβερνήτες και οι πλοίαρχοι όλων των σκαφών, ανεξάρτητα από το μέγεθός τους, οφείλουν να αντιμετωπίζουν τα παγόβουνα με ανάλογο δέος. Οι καλύτερες θέσεις οπτήρων είναι γενικά επάνω στον πρωάρι ιστό σε ανάλογο ύψος, μέσα σε ειδική θέση της εξαρτίας ή μέσα σε προστατευόμενο χώρο, ο οποίος έχει ειδικώς ναυπηγηθεί για χρήση του από οπτήρες της πλήρης. Οι τηλεφωνικές επικοινωνίες μεταξύ αυτών των θέσεων και της γέφυρας ναυσιπλοίας επάνω στα μεγάλα πλοία θα αποδειχθεί στην πράξη ανεκτίμητη. Είναι επικίνδυνο να γίνει προσέγγιση του παγόβουνου, οποιουδήποτε μεγέθους, επειδή υπάρχει πιθανότητα να συναντηθούν υποβρύχιες προεκτάσεις του, καθώς και επειδή τα παγόβουνα, τα οποία είναι σε κατάσταση αποσυνθέσεως είναι πιθανόν να αναποδογυρίσουν ξαφνικά ή να επαναπροσαρμόσουν τις μάζες τους σε νέες θέσεις ισορροπίας. Σε χρονικές περιόδους χαμηλής ορατότητας χρειάζεται πάντοτε η πιο μεγάλη προσοχή. Η ταχύτητα του σκάφους πρέπει να ελαττωθεί και η βάρδια πρέπει πάντοτε να είναι προετοιμασμένη για γρήγορους ελιγμούς. Το ραντάρ αποδεικνύεται αποτελεσματικό μέσο σε αυτές τις περιπτώσεις, δεν αντικαθιστά όμως την ανάγκη χρησιμοποίησεως εκπαιδευμένων οπτήρων.

Επειδή τα παγόβουνα έχουν ίσως τα οκτώ έως εννέα δέκατα της μάζας τους κάτω από την επιφάνεια του νερού η έκπτωσή τους επηρεάζεται γενικά περισσότερο από τα ρεύματα, παρά από τους ανέμους και ιδίως κάτω από συνθήκες ελαφρού ανέμου. Η έκπτωση του πακέτου του πάγου αντίθετα εξαρτάται συνήθως από τον άνεμο. Κάτω από αυτές τις συνθήκες τα παγόβουνα που βρίσκονται μέσα στο πακέτο πάγου ίσως βρεθούν να κινούνται με διαφορετική τιμή ταχύτητας και προς διαφορετική κατεύθυνση από την ταχύτητα και κατεύθυνση κινήσεως του πακέτου του πάγου. Μέσα σε περιοχές στις οποίες επικρατούν ισχυρά ρεύματα θα πρέπει πάντοτε να δίνεται στα παγόβουνα μεγάλος χώρος προσαρμοήσεως, να θεωρείται δηλαδή, όπως προαναφέρθηκε, ότι χρειάζονται μεγάλο χώρο για κινήσεις τους, επειδή τότε ίσως να ταξιδεύουν αντίθετα προς τον άνεμο, με πολύ μεγάλες ταχύτητες κάτω από την επίδραση αντιρευμάτων, βυθίζοντας μεγάλα κομμάτια πάγου στη διαδρομή τους και θέτοντας έτσι σε κίνδυνο εκείνα τα σκάφη, τα οποία δεν μπορούν να κρατηθούν μακριά τους. Σ' αυτές τις καταστάσεις θα βρίσκεται γενικά η ανοιχτή θάλασσα προς την υπήνεμη πλευρά του παγόβουνου, ενώ προς την προσήνεμη θα υπάρχει πασσαλωτός πάγος πακέτου. Όπου τα ρεύματα είναι ασθενή και εντούτοις επικρατεί ισχυρός άνεμος, θα παρατηρούνται παρόμοιες συνθήκες, επειδή το πακέτο του πάγου που οδηγείται από τον άνεμο καταφθάνει το παγόβουνο και το προσπερνά, διαμορφώνοντας πασσάλους πάγου στην προσήνεμη πλευρά, ενώ η ανοιχτή θάλασσα θα βρίσκεται υπήνεμα.

Οι υποβρύχιες επιχειρήσεις κάτω από τους πάγους απαιτούν γνώση των συνθηκών πάγου που επικρατούν εκεί, καθώς και των συνθηκών που αναμένεται ότι θα υπάρξουν κατά τη διάρκειά τους, ώστε να εξασφαλισθεί η μεγίστη επιχειρησιακή ικανότητα και ασφάλεια. Το σπουδαιότερο χαρακτηριστικό του πάγου είναι γι' αυτές τις περιπτώσεις η συχνότητα και η εξάπλωση των προεξοχών του προς τα κάτω (των βάσεων δηλαδή των λοφίσκων πάγου καθώς και οι τρόπιδες του πάγου), από την κάτω δηλαδή πλευρά του **παγωμένου στεγάσματος** (ice canopy), (του πακέτου του πάγου μαζί με τις υδάτινες περιοχές που περικλείει, καθώς παρατηρείται από το υποβρύχιο). Είναι επίσης η διανομή των περιοχών με λεπτό πάχος πάγου, μέσα από τις οποίες τα υποβρύχια μπορούν να επιχειρήσουν ανάδυση στην επιφάνεια, και η πιθανή θέση του εξωτερικού ορίου του πακέτου, όπου τα υποβρύχια μπορούν να παραμείνουν σε ανάδυση στην επιφάνεια της θάλασσας, κατά τη διάρκεια επικινδύνων καταστάσεων, για συνάντηση με πλοία επιφάνειας ή με μονάδες ελικοπτέρων κλπ.

Βάσεις των λοφίσκων πάγου (buntnoks) είναι οι αντίποδες των humtnocks, δηλαδή τα υποβρύχια τμήματα αυτών των λοφίσκων, ενώ **τρόπιδες πάγου** (ice keels) είναι οι αντίποδες των ridges, δηλαδή τα υποβρύχια τμήματα των οροσειρών πάγου με απότομα πρανή. Όταν λαμβάνεται υπόψη η φυσιολογία των χαρακτηριστικών αυτών του πάγου, είναι προφανές, ότι οι τρόπιδες πάγου ίσως έχουν αξιοσημείωτη οριζόντια επέκταση, ενώ οι μεμονωμένες βάσεις των λοφίσκων πρέπει να αναμένεται ότι θα έχουν μικρή. Στους αβαθείς θαλάσσιους διαδρόμους που οδηγούν στην Αρκτική λεκάνη, όπως είναι το στενό του Μπέρινγκ (Βερίγγειος πορθμός) και τα προσκείμενα τμήματα της θάλασσας του Μπέρινγκ και της θάλασσας Τσούκτσι (Chukchi), οι βαθιές βάσεις των λοφίσκων πάγου και οι βαθιές τρόπιδες αφήνουν ίσως λίγο κατακόρυφο υπήνεμο διάδρομο για διέλευση των υποβρυχίων.

Οι βάσεις λοφίσκων πάγου που είναι απομονωμένες η μία από την άλλη ίσως να διαθέτουν κάποια εσωτερική περιφερειακή δυνατότητα ναυσιπλοΐας μεταξύ τους, η διέλευση όμως από εκεί είναι επικίνδυνη. Εξάλλου οι εκτεταμένες περιοχές πάγου, με πολυάριθμες βάσεις λοφίσκων ή με τρόπιδες που διασταυρώνουν το θαλάσσιο διάδρομο, παρεμποδίζουν αποτελεσματικά ίσως τη διέλευση προς την Αρκτική λεκάνη.

Οι βάσεις των λοφίσκων και οι τρόπιδες εκτείνονται πέντε φορές περισσότερο κάτω από την επιφάνεια του πάγου από ότι επάνω από την επιφάνεια. Έτσι οροσειρές πάγου δέκα μέτρων ύψους, ίσως να επεκτείνονται και πενήντα ακόμη μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, όπως άλλωστε έχει παρατηρηθεί. Λόγω της απ' ευθείας σχέσεως της συχνότητας και της κατακόρυφης επεκτάσεως μεταξύ των επιφανειακών αυτών χαρακτηριστικών του πάγου και των υποβρυχίων αντιστοίχων τμημάτων τους, η αεροπορική αναγνώριση των συνθηκών πάγου επάνω και κατά μήκος μιας σχεδιασμένης εκ των προτέρων πλεύσεως υποβρυχίου θα πρέπει να πραγματοποιηθεί πριν αρχίσουν οι επιχειρήσεις κάτω από τους πάγους.

Ουράνια φώτα (skylights). Ονομάζονται περιοχές του παγωμένου στεγάσματος, που έχουν λεπτό πάχος (συνήθως μικρότερο από ένα μέτρο) και φαίνονται από κάτω σαν ημιδιαφανή τεμάχια φωτεινών αναλαμπών μέσα στο σκοτάδι που

τις περιβάλλει. Η υποβρύχια πλευρά των ουρανίων φώτων είναι συνήθως επίπεδη και δεν υπόκειται σε μεγάλες πιέσεις, παρά το ότι αυτό το ίδιο το παγωμένο στέγασμα ίσως παρουσιάζει συγκέντρωση οκτώ σχεδόν οκτάδων. Τα ουράνια φώτα θεωρούνται μεγάλα, αν πράγματι έχουν τέτοιο μέγεθος, που να επιτρέπουν σε ένα υποβρύχιο να επιχειρήσει να αναδυθεί στην επιφάνεια μέσα από αυτά. Έχουν γραμμικό μέγεθος 120 μέτρων τουλάχιστον. Τα ουράνια φώτα που έχουν μέγεθος λιγότερο από 120 μέτρα θεωρούνται μικρά. Το παγωμένο στέγασμα που βρίσκεται κατά μήκος της πορείας ενός υποβρυχίου και περιέχει αρκετά μεγάλα ουράνια φώτα ή άλλα χαρακτηριστικά, όπως οδηγούς και ανοίγματα πολύνυας, και το οποίο επιτρέπει στο υποβρύχιο να αναδύεται στην επιφάνεια συχνότερα από δέκα φορές ανά 56 χιλιόμετρα ονομάζεται **φιλικός πάγος** (friendly ice). Το παγωμένο στέγασμα που δεν επιτρέπει στο υποβρύχιο να αναδυθεί στην επιφάνεια, ονομάζεται **εχθρικός πάγος** (hostile ice).

Για περισσότερη εμπειριστατωμένη καθοδήγηση για επιχειρήσεις στους πάγους συνιστάται να γίνει χρήση της εκδόσεως **Πολικές Επιχειρήσεις** (Polar Operations) του Πλοιάρχου Edwin A. MacDonald του Αμερικανικού Ναυτικού (ε.α.), η οποία έχει τυπωθεί από το Ναυτικό Ινστιτούτο των ΗΠΑ (United States Naval Institute) που βρίσκεται στην Αννάπολη του Μαίριυλαντ.

7.15 Πάγος των Μεγάλων Λιμνών (Great Lakes ice).

Τα μεγάλα σκάφη ναυσιπλοούν μέσα στις Μεγάλες Λίμνες (Great Lakes) από τις αρχές του 1760. Η μεγάλη αυτή έκταση του πλεύσιμου νερού έχει γίνει έκτοτε ένας από τους πιο πολυσύχναστους υδάτινους διαδρόμους του κόσμου. Λόγω της βόρειας γεωγραφικής θέσεως της λεκάνης των Μεγάλων Λιμνών και της ευαισθησίας της στο αρκτικό ξέσπασμα του πολικού αέρα κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ο σχηματισμός του πάγου παίζει πολύ σπουδαίο ρόλο, μολονότι ο ρόλος αυτός είναι διασπαστικός στην οικονομία και ουσιαστικά θαλάσσια βιομηχανία της περιοχής. Επειδή οι πέντε μεγάλες λίμνες έχουν σχετικά μεγάλο μέγεθος, το επικάλυμμα του πάγου που σχηματίζεται επάνω τους επηρεάζεται από τον άνεμο και τα ρεύματα σε μεγαλύτερο βαθμό από αυτόν που επηρεάζονται οι μικρότερες λίμνες. Η θέση των μεγάλων λιμνών στο βορρά έχει σαν αποτέλεσμα την επιμήκυνση της εποχής του πάγου επί μεγάλο χρονικό διάστημα. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την επίδραση του ανέμου και του ρεύματος, προσδίδει στα επικαλύμματα του πάγου μερικά από τα χαρακτηριστικά και διαμορφώνει τη συμπεριφορά εκείνη του πάγου, που συναντάται στο πακέτο του αρκτικού πάγου. Για το λόγο αυτό η παράγραφος αυτή περιλαμβάνεται στο κεφάλαιο που αφορά στον πάγο στην θάλασσα.

Επειδή οι πέντε μεγάλες λίμνες εκτείνονται σε απόσταση 800 χιλιομέτρων περίπου, κατά τη διεύθυνση βορρά-νότου, κάθε λίμνη επηρεάζεται σε διαφορετικούς βαθμούς από τις μετεωρολογικές παραμέτρους. Οι παράμετροι αυτές, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι κάθε λίμνη διαθέτει επίσης διαφορετικά υδρομετεωρολογικά χαρακτηριστικά, επηρεάζουν ουσιαστικά την επέκταση και τη διανομή των αντιστοίχων επικαλυμμάτων πάγου. Η μεγαλύτερη, βαθύτερη και βορειότερη από τις πέντε μεγάλες λίμνες είναι η λίμνη Superior. Ο πάγος ο οποίος δεν βρίσκεται υπό πίεση, ιδίως κατά μήκος των βορειών ακτών αυτής της λίμνης, μπορεί να αποκτήσει πάχος 70-100 εκατοστά που είναι

ισοδύναμο με το μέσο πρωτοετή πάγο. Οι άνεμοι και τα ρεύματα που ενεργούν επάνω στον πάγο, είναι γνωστό ότι προκαλούν απότομες ανυψώσεις μορφής οροσειράς με ύψη που πλησιάζουν τα δέκα μέτρα. Το μεγάλο βάθος της λίμνη Superior της εξασφαλίζει όμως μεγάλη χωρητικότητα για εναποθήκευση της θερμότητας, ή οποία παρεμποδίζει κάπως την ανάπτυξη του πάγου, ιδίως κατά τη διάρκεια της περιόδου του αρχικού σχηματισμού του. Κατά τη διάρκεια ενός φυσιολογικού χειμώνα, μπορεί να αναμένεται ότι 60% της περιοχής της επιφάνειας της λίμνης Superior θα σκεπασθεί από πάγο. Η τιμή αυτή αυξάνει σε 95% κατά τη διάρκεια χειμώνα που είναι βαρύς, ενώ ελαττώνεται σε 40% κατά τη διάρκεια ήπιου χειμώνα. Κάτω από συνθήκες μέσου όρου ο πάγος που παρουσιάζει εμπόδιο στη ναυσιπλοΐα επάνω στη λίμνη Superior εμφανίζεται κατά τη διάρκεια της τελευταίας εβδομάδας του Δεκεμβρίου κατά μήκος τόσο των βορειών ακτών, όσο και των νοτίων, με τη μεγίστη επέκταση επικαλύμματος πάγου μεταξύ 30 Μαρτίου και 10 Απριλίου.

Η λίμνη Μίτσιγκαν (Michigan) εκτείνεται σε κατεύθυνση βορράς-νότος επί 480 χιλιόμετρα και διαθέτει το τρίτο μέσο μεγαλύτερο βάθος των Μεγάλων Λιμνών. Ο προσανατολισμός της στην κατεύθυνση βορράς-νότος έχει σαν αποτέλεσμα να συγκεντρώνεται αρχικά ο πάγος στα βορειότερα τμήματα της λίμνης και κατόπιν να επεκτείνεται προς τα νότια σταδιακά, κατά την διαδρομή του χειμώνα. Το πάχος του πάγου ποικίλλει από 10-20 εκατοστά του μέτρου, κατά μέσο όρο (με χρώμα φαιό προς φαιό-λευκό) στα νότια τμήματα, ενώ στα βόρεια το πάχος είναι 50-80 εκατοστά (πάγος λεπτός έως μεσαίου μεγέθους, πρωτοετής). Το επικάλυμμα του πάγου γίνεται επικίνδυνο στη ναυσιπλοΐα στο βόρειο τομέα της λίμνης Michigan, κατά τη διάρκεια της τελευταίας εβδομάδας του Δεκεμβρίου, η δε μεγαλύτερη εξάπλωση του επικαλύμματος κυμαίνεται κατά μέσο όρο από τις 10 Μαρτίου στην περιοχή του Σικάγου έως τις 28 Μαρτίου στο βορειότερο άκρο του Κόλπου Green. Κατά τη διάρκεια χειμώνα που είναι βαρύς, το 80% της επιφάνειας της περιοχής της λίμνης Michigan θα καλυφθεί από πάγο. Η τιμή αυτή ελαττώνεται σε 40% κατά το φυσιολογικό χειμώνα, έως 10% μόνο κατά τη διάρκεια ήπιου χειμώνα.

Ο σχηματισμός του πάγου στη λίμνη Χιούρον (Huron) αρχίζει γενικά κατά μήκος της βορειοανατολικής και δυτικής ακτογραμμής της, κατά τη διάρκεια της τελευταίας εβδομάδας του Δεκεμβρίου κάθε έτους. Η βαθιά, βόρεια κεντρική λεκάνη της λίμνης δεν αποκτά γενικά ούτε μερική επικάλυψη πάγου, εκτός από περιόδους χειμώνα με βαριές καιρικές συνθήκες. Στη λίμνη Huron επικρατεί κατά μέσο όρο πάγος, ο οποίος αποτελείται από λεπτό στρώμα ενός έτους (30-70 εκατοστά του μέτρου), έχει δε και ορισμένα τμήματα μεσαίου μεγέθους επίσης ενός έτους (70-120 εκατοστά), τα οποία σχηματίζονται κατά τη διάρκεια χειμώνα με βαριές συνθήκες. Το χρονικό διάλειμμα από πάγο εκτείνεται για τη λίμνη αυτή από τις 11 Μαρτίου στο πιο απομακρυσμένο νότιο τμήμα έως τις 28 Μαρτίου στον βορειότερο τομέα. Το ποσοστό της περιοχής της επιφάνειας της λίμνης, το οποίο θα καλυφθεί από πάγο είναι 60% το φυσιολογικό χειμώνα, 40% τον ήπιο και 80% τον βαρύ.

Η λίμνη Έρι (Erie) είναι η πιο αβαθής των Μεγάλων Λιμνών με μέσο βάθος 20 μέτρα. Λόγω του μικρού της βάθους επηρεάζεται πάρα πολύ από τις μεταβολές της θερμοκρασίας κατά τις διάφορες εποχές του έτους και γι' αυτό συγκεντρώνει επικάλυμμα πάγου μόνο για μικρό χρονικό διάστημα. Ο πάγος θα

αρχίσει να σχηματίζεται κατ' αρχήν στα πιο αβαθή δυτικά τμήματά της, κατά τη διάρκεια των μέσων του Δεκεμβρίου. Κατά τη διάρκεια της περιόδου αναπτύξεως του πάγου, ο πάγος επηρεάζεται από τους ανέμους που επικρατούν στην περιοχή, καθώς και από τα ρεύματα, με αποτέλεσμα να συγκεντρώνεται στο βορειότερο άκρο της λίμνης. Γενικά το επικάλυμμα του πάγου της λίμνης Erie αποτελείται από συνδυασμό φαιού-λευκού πάγου (πάχος 15-30 εκατοστά) και από λεπτό πάχος πάγου ενός έτους (30-70 εκατοστά). Οι μέσες ημερομηνίες, κατά τις οποίες συναντάται η μέγιστη εξάπλωση του επικαλύμματος του πάγου σ' αυτή τη λίμνη ποικίλλουν από τις 15 Μαρτίου στο δυτικότερο τομέα της, έως τις 15 Μαΐου στα βορειότερα τμήματά της. Επειδή η λίμνη αντιδρά γρήγορα στην αλλαγή των εποχών, θα επιτύχει επικάλυμμα που σκεπάζει το 95% έως 100% της περιοχής της επιφάνειάς της κατά τη διάρκεια φυσιολογικού χειμώνα. Κατά τη διάρκεια όμως ήπιου χειμώνα, ο πάγος θα καταλάβει περιοχή του 50% της επιφάνειας.

Η λίμνη Οντάριο (Ontario) έχει τη μικρότερη επιφάνεια και από τις πέντε μεγάλες λίμνες, έχει όμως το δεύτερο μέσο μέγιστο βάθος, και ακολουθεί το βάθος της λίμνης Superior. Όπως και στη λίμνη Superior έτσι και στη λίμνη Ontario το μεγάλο μέσο βάθος της εξασφαλίζει μεγάλη χωρητικότητα εναποθέσεως της θερμότητας, η οποία σε συνδυασμό με τη μικρή περιοχή της επιφάνειάς της έχει σαν αποτέλεσμα να αντιδρά η λίμνη αργά στις αλλαγές των μετεωρολογικών συνθηκών. Το αποτέλεσμα αυτό με τη σειρά του δημιουργεί το μικρότερο ποσό επικαλύμματος πάγου που συναντάται στις μεγάλες λίμνες. Ο πάγος θα αρχίσει να σχηματίζεται κατά τη διάρκεια των μέσων του Δεκεμβρίου στο βορειοανατολικότερο τμήμα της, οι δε συνθήκες ανέμου και ρευμάτων, οι οποίες είναι άλλωστε παρόμοιες με εκείνες που συναντώνται στη λίμνη Erie, θα περιορίσουν το μεγαλύτερο τμήμα της συγκεντρώσεως του πάγου στον τομέα αυτό της λίμνης. Το μεγαλύτερο μέρος του πάγου που σχηματίζεται αποτελείται από λεπτό πάχος πάγου ενός έτους (30-70 εκατοστά του μέτρου), με μικρή συγκέντρωση φαιού-λευκού πάγου (15-30 εκατοστά). Οι ημερομηνίες, κατά τις οποίες το επικάλυμμα του πάγου φθάνει στη λίμνη Ontario τη μέγιστη εξάπλωσή του, ποικίλλουν κατά μέσο όρο από τις 10 Μαρτίου έως τις 20 Μαρτίου. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα που είναι ήπιος το 8% μόνο της περιοχής επιφάνειας της λίμνης καλύπτεται από πάγο. Η τιμή αυτή αυξάνεται σε 15% το φυσιολογικό χειμώνα και σε 25% τον βαρύ.

Η μέγιστη κατανομή του επικαλύμματος πάγου που πραγματοποιείται σε κάθε μία από τις Μεγάλες Λίμνες κατά τη διάρκεια φυσιολογικού, ήπιου ή βαριού χειμώνα φαίνεται στα σχήματα 7.15α, 7.15β και 7.15γ. Πρέπει να σημειωθεί ότι, αν και η μέση μέγιστη κατανομή του πάγου και για τις πέντε λίμνες μαζί φαίνεται συγκεντρωτικά σε ένα και μόνο χάρτη, υπάρχουν και λεπτομερειακοί χάρτες για κάθε λίμνη και για αντίστοιχες μέσες χρονικές περιόδους.

Πληροφορίες που αφορούν αναλύσεις, προγνώσεις, καθώς και την κλιματολογία του πάγου των Μεγάλων Λιμνών, μπορούν να αποκτηθούν από το Περιβαλλοντογικό Ερευνητικό Εργαστήριο των Μεγάλων Λιμνών (Great Lakes Environmental Research Laboratory), η από το Εθνικό Γραφείο Υπηρεσιακών Προγνώσεων Καιρού (National Weather Service Forecast Office) που βρίσκονται και τα δύο στο Ann Arbor του Μίτσιγκαν.

7.16 Παρατηρήσεις, αναφορές και προγνώσεις πάγου.

Η προχωρημένη γνώση των συνθηκών πάγου που πρόκειται να συναντηθεί, καθώς και η γνώση του τρόπου με τον οποίο οι συνθήκες αυτές θα μεταβληθούν σε δεδομένες και καθορισμένες χρονικές περιόδους, είναι ανεκτίμητη τόσο για τη σχεδίαση, όσο και για τις επιχειρησιακές φάσεις ενός ταξιδιού, που θα πραγματοποιηθεί στις πολικές περιοχές. Οι τυπικές υπηρεσίες υποστηρίξεως έναντι του πάγου που προσφέρονται στον πολικό ναυτιλλόμενο, περιλαμβάνουν γενικά αναλύσεις των τρεχουσών συνθηκών πάγου, σύντομες προγνώσεις πάγου (για κάλυψη περιόδου 24-48 ωρών), εβδομαδιαίες προγνώσεις (5-7 ημερών), προγνώσεις μακράς περιόδου (15-30 ημερών) και γενικές εκτιμήσεις πάγου μακράς εποχιακής περιόδου 60-90 ημερών, οι οποίες συνήθως εκσυγχρονίζονται με ενημερώσεις προγνώσεως των 15-30 ημερών καθώς προχωρεί η εποχή. Επίσης περιλαμβάνουν τις υπηρεσίες δρομολογήσεως του πλοίου, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες μέσα από τις περιοχές εκείνες, οι οποίες ενοχλούνται από τους πάγους. Γενικά η ανάλυση πάγου ή η πρόγνωση του θα απεικονίζει την τρέχουσα ή την αναμενόμενη διαμόρφωση και τη θέση του άκρου του πακέτου του πάγου. Επίσης θα απεικονίζει τις συγκεντρώσεις του πάγου μέσα σ' αυτό το ίδιο το πακέτο, καθώς και τις θέσεις των χαρακτηριστικών εκείνων του πάγου, όπως είναι οι οδηγοί, τα ανοίγματα πολύνυας, ο ταχύς πάγος και οι περιοχές ανοικτού νερού.

Το μοναδικό και περισσότερο σημαντικό στοιχείο εισόδου στην πρόγνωση πάγου, οποιασδήποτε διάρκειας, είναι η ακριβής τρέχουσα ανάλυση πάγου, η οποία βασίζεται στις τελευταίες παρατηρήσεις πάγου, που διατίθενται. Όπως έχει δηλωθεί και προηγουμένως, ο πάγος μέσα στη θάλασσα μπορεί να παρατηρηθεί από πλοία, από αεροσκάφη με σταθερές πτέρυγες, από ελικόπτερα και από δορυφόρους γήινης τροχιάς, επίσης δε και από το προσωπικό των σταθμών παρατήρησης που είναι εγκατεστημένο επάνω στις αρκτικές και ανταρκτικές ακτές. Με τα σύγχρονα μέσα και μεθόδους τηλεπικοινωνιών οι αναφορές παρατηρήσεων αναμεταδίδονται στα γραφεία τόσο των Ομοσπονδιακών Κυβερνητικών Αρχών (των ΗΠΑ), όσο και σε ιδιωτικές εμπορικές εταιρίες.

Οι Ομοσπονδιακές Αρχές των ΗΠΑ, οι οποίες παρέχουν υπηρεσίες σχετικές με παρατηρήσεις και προγνώσεις πάγου, σε επιχειρησιακή βάση, περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων το Υπουργείο Άμυνας (Department of Defence) το Υπουργείο Μεταφορών (Department of Transportation) και το Υπουργείο Εμπορίου (Department of Commerce).

Το Υπουργείο Άμυνας, μέσω κυρίως του Υπουργείου Ναυτικού (Department of the Navy), παρέχει υπηρεσίες υποστηρίξεως έναντι του πάγου σε όλες τις στρατιωτικές μονάδες των ΗΠΑ και των συμμάχων τους. Επιπρόσθετη υποστήριξη ίσως να παρέχεται επίσης σε μερικές περιπτώσεις και σε εμπορικές μονάδες που έχουν ανάγκη, μετά όμως από προηγούμενη έγκριση του Αρχηγού των Ναυτικών Επιχειρήσεων (Chief of Naval Operations). Πιο εξειδικευμένες πληροφορίες, σχετικές με παρατηρήσεις πάγου πάντοτε, μπορούν να αποκτηθούν και από το Διευθυντή της Ναυτικής Ωκεανογραφικής και Μετεωρολογικής Διοικήσεως (Director, Naval Oceanography and Meteorology Command)

που εδρεύει στο St. Louis του Μισσισιππή. Το Υπουργείο Μεταφορών δια μέσου της Ακτοφυλακής των ΗΠΑ (U.S. Coast Guard) παρέχει υποστήριξη για θραύση των πάγων κατά τις πολικές επιχειρήσεις, η δε Διεθνής Περιπολία Πάγου (International Ice Patrol) παρέχει την υποστήριξη έναντι των πάγων, η οποία περιγράφηκε λεπτομερειακά στην παράγραφο 7.12. Η πρόγνωση πάγου για τα νερά της περιοχής της Αλάσκας ειδικότερα παρέχεται στους απασχολημένους για εμπορικούς σκοπούς από τα Εθνικά Γραφεία Υπηρεσιακής Προγνώσεως Καιρού (National Weather Service Forecast Offices) που λειτουργούν στο Anchorage και στο Fairbanks της Αλάσκας. Οι αιτήσεις για συνδρομή που μπορεί να παρασχεθεί από την Ακτοφυλακή, ενώ εκτελούνται κάποια προγράμματα μέσα στους πάγους, θα πρέπει να στέλνονται στο Διοικητή του Διοικητηρίου της Ακτοφυλακής των ΗΠΑ (Commandant, U.S. Coast Guard Headquarters) που εδρεύει στη Ουάσιγκτων, D.C.

Η Εθνική Διοίκηση Ωκεανών και Ατμόσφαιρας των ΗΠΑ (National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA) διαθέτει δίκτυο μετεωρολογικών δορυφόρων πολικής τροχιάς, καθώς και παγκόσμιο σύστημα τηλεπικοινωνιών, με μεγάλες συλλογές λεπτομερειακών πληροφοριών για τον πάγο από όλες τις περιοχές του κόσμου. Αιτήσεις για διάθεση των ειδών και των υπηρεσιών των δορυφόρων από το ναυτιλλόμενο των πολικών περιοχών θα πρέπει να απευθύνονται είτε στην Εθνική Υπηρεσία Καιρού (National Weather Service), είτε στην Εθνική Περιβαλλοντογική Υπηρεσία Δορυφόρων (National Environmental Satellite Service) της NOAA στο Υπουργείο Εμπορίου που εδρεύει στην Ουάσιγκτων, D.C.

Κατάλογοι με ονόματα μετεωρολόγων και ωκεανογράφων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν σύμβουλοι, καθώς και των Εμπορικών Εταιριών που μπορούν να διαθέσουν ανάλογο προσωπικό, για υποστήριξη έναντι των πάγων, είτε σε ανεξάρτητα πρόσωπα, είτε σε εμπορικούς οργανισμούς, είναι εύκολο να αναζητηθούν στα επαγγελματικά ευρετήρια των εγκύρων μετεωρολογικών και ωκεανογραφικών περιοδικών εκδόσεων.

Οι ναυτικοί που εκτελούν επιχειρήσεις μέσα και γύρω από το θαλάσσιο πάγο πρέπει να κάνουν ό,τι μπορούν, ώστε να συνεισφέρουν στην όλη αποτελεσματικότητα των περισσότερων από τις υπηρεσίες που τους παρέχονται. Για την υποβοήθηση αυτών των προγραμμάτων παροχής συνδρομής είναι απαραίτητο και ουσιώδες να υποβάλλονται αναφορές πάγου όσο το δυνατό λεπτομερειακές στις ενδιαφερόμενες αρχές από όλα τα πλοία και αεροσκάφη που διεξάγουν επιχειρήσεις στις παγωμένες περιοχές. Διατίθενται σήμερα πολλοί κώδικες για αναφορά των συνθηκών πάγου. Ο κώδικας, ο οποίος χρησιμοποιείται συχνά από εκείνους που έχουν εκπαιδευθεί στο να πραγματοποιούν μετεωρολογικές παρατηρήσεις, όχι όμως ειδικές παρατηρήσεις πάγου, αποτελείται από ομάδα πέντε χαρακτήρων, που αποτελεί προσθήκη στους κώδικες αναφοράς καιρού του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (World Meteorological Organization-WMO), με στοιχεία FM 21-V, FM 22-V και FM 23-V. Οι κώδικες αυτοί περιγράφονται πλήρως στον τόμο I του Εγχειριδίου Κωδίκων (Manual on Codes, WMO No 306) του Διεθνούς Μετεωρολογικού Οργανισμού και διατίθεται από τη Γραμματεία του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού που εδρεύει στη Γενεύη της Ελβετίας. Ένας περισσότερο πλήρης και λεπτομερειακός

κώδικας αναφοράς (ICEOB) χρησιμοποιείται στις Ηνωμένες Πολιτείες από το 1972. Τόσο ο κώδικας αυτός, όσο και οι διαδικασίες χρησιμοποίησής του, περιλαμβάνονται στο Εγχειρίδιο Παρατηρητών Πάγου (Ice Observers Manual), με στοιχεία Τεχνικής Σημειώσεως 3700-49-76 του Ωκεανογραφικού Γραφείου του Ναυτικού των ΗΠΑ (U.S. Naval Oceanographic Office Technical Note), (η οποία αποτελεί κείμενο που δεν έχει ακόμη εκδοθεί).

Οι κώδικες αυτοί χρησιμοποιούν ειδική ονοματολογία, η οποία έχει προσδιορισθεί με ακρίβεια από το Διεθνή Μετεωρολογικό Οργανισμό, σε διάφορες γλώσσες. Η έκδοση (του Δ.Μ.Ο. - WMO No 259 TR. 145) «**Ονοματολογία του θαλάσσιου πάγου**» (Sea-Ice Nomenclature), περιλαμβάνει την ονοματολογία μαζί με φωτογραφίες των περισσότερων χαρακτηριστικών του πάγου. Η έκδοση είναι πολύ χρήσιμη για όσους σχεδιάζουν να υποβάλουν αναφορές συνθηκών πάγου.

Επίσης και ο **Οδηγός Μετεωρολογικών Οργάνων και Πρακτικών Μεθόδων Παρατήρησης** (Guide to Meteorological Instruments and Observing Practices) (του Δ.Μ.Ο.-WMO No 8 TR31), περιλαμβάνει κεφάλαιο που αναφέρεται στη δημιουργία του πάγου, στις δυναμικές διεργασίες και στις διαδικασίες παρατήρησης, αποδεικνύεται δε και αυτό εξαιρετικά χρήσιμο.

Ο ναυτιλλόμενος που υποβάλλει κανονικά αναφορές πάγου, όσο το δυνατό πληρέστερα συμπληρωμένες, συνεισφέρει ουσιαστικά στην αύξηση της γνώσεως των συνοπτικών συνθηκών γύρω από τους πάγους και συνεπώς συμβάλλει στις ακριβείς και επίκαιρες αναλύσεις και προγνώσεις που επακολουθούν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Οι ωκεανοί

1.1 Ωκεανογραφία	1
1.2 Ιστορία της ωκεανογραφίας	1
Ωκεανογραφική έρευνα	2
1.3 Προέλευση των ωκεανών	3
1.4 Ωκεανογραφική χημεία	4
1.5 Φυσικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού	4
1.6 Αλμυρότητα	5
1.7 Θερμοκρασία	5
1.8 Πίεση	8
1.9 Πυκνότητα	8
1.10 Συμπιεστότητα	10
1.11 Ιξώδες	10
1.12 Ειδική θερμότητα	10
1.13 Θερμική διαστολή	11
1.14 Θερμική αγωγιμότητα	12
1.15 Ηλεκτρική αγωγιμότητα	12
1.16 Ραδιενέργεια	12
1.17 Συντελεστής διαθλάσεως	12
1.18 Επιφανειακή ένταση (ή έλξη ή ενέργεια)	13
1.19 Διαφάνεια	13
1.20 Χρώμα	13
1.21 Θαλάσσια γεωλογία	14
1.22 Ανάγλυφο του βυθού	14
1.23 Θαλάσσια ιζήματα	20
1.24 Συνοπτική ωκεανογραφία	21
Βιβλιογραφία	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

Παλίρροιες και παλιρροιακά ρεύματα

Γενικά	23
2.1 Παλιρροιακό φαινόμενο	23
2.2 Παλίρροια και ρεύμα	23
2.3 Αίτια	24
Δυνάμεις που δημιουργούν την παλίρροια	24
Σύστημα γης-Σελήνης	26
Παλίρροιες συζυγίων και τετραγωνισμών	35
Παλίρροια	37
2.4 Γενικά χαρακτηριστικά	37
2.5 Τύποι παλιρροιών	38
2.6 Ηλιακή παλίρροια	40
2.7 Ειδικές επιδράσεις	40
2.8 Παραλλαγές στο εύρος	42
2.9 Παλιρροιακοί κύκλοι	44
2.10 Χρόνος παλίρροιας	44
2.11 Παλιρροιακά επίπεδα αναγωγής των θαθών	45

2.12	Επίπεδα αναγωγής από την πλήμη	47
2.13	Παρατηρήσεις και προγνώσεις	48
2.14	Παλιρροιακοί πίνακες	49
2.15	Μετεωρολογικές επιδράσεις	49
	Παλιρροιακά ρεύματα	50
2.16	Παλιρροιακά και μη παλιρροιακά ρεύματα	50
2.17	Γενικά χαρακτηριστικά	50
2.18	Τύποι παλιρροιακών ρευμάτων	52
2.19	Παραλλαγές και κύκλοι	55
2.20	Επίδραση της μη παλιρροιακής ροής	55
2.21	Σχέση μεταξύ χρόνου παλιρροιακού ρεύματος και χρόνου παλίρροιας	57
2.22	Σχέση μεταξύ ταχύτητας του ρεύματος και εύρους της παλίρροιας	58
2.23	Μεταβολή κάθετα προς τις εκβολές ποταμού	58
2.24	Μεταβολή με το βάθος	58
2.25	Παρατηρήσεις	59
2.26	Πίνακες παλιρροιακών ρευμάτων και άλλες πηγές πληροφοριών	60
	Βιβλιογραφία	61

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Ωκεάνεια ρεύματα

3.1	Εισαγωγή	62
3.2	Αίτια που προκαλούν τα ωκεάνεια ρεύματα	63
3.3	Ρεύματα λόγω επιδράσεως του ανέμου	63
3.4	Ρεύματα που έχουν σχέση με διαφορές πυκνότητας	64
3.5	Ωκεάνεια κυκλοφορία	64
3.6	Τα ρεύματα του Ατλαντικού ωκεανού	66
3.7	Τα ρεύματα του Ειρηνικού ωκεανού	70
3.8	Τα ρεύματα του Ινδικού ωκεανού	73
3.9	Τα πολικά ρεύματα	74
3.10	Ωκεάνεια ρεύματα και κλίμα	75
	Βιβλιογραφία	76

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Ωκεάνεια κύματα

4.1	Εισαγωγή	77
4.2	Αίτια που προκαλούν τα κύματα	77
4.3	Χαρακτηριστικά των κυμάτων	78
4.4	Διαδρομή των μορίων του νερού σε ένα κύμα	82
4.5	Επιδράσεις των ρευμάτων στα κύματα	83
4.6	Επίδραση του πάγου στα κύματα	84
4.7	Κύματα και αβαθή νερά	84
4.8	Ενέργεια των κυμάτων	85
4.9	Μετρήσεις κύματος πάνω στο πλοίο	86
4.10	Τσουνάμι	87
4.11	Παλίρροιες λόγω θύελλας	89
4.12	Ακίνητα κύματα και κύματα σείχηδες	90
4.13	Κύματα παλίρροιας	91
4.14	Εσωτερικά κύματα	91
4.15	Κύματα και πλοία	92
4.16	Χρησιμοποίηση του λαδιού για τροποποίηση της ενέργειας των κυμάτων που θραύονται	93

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

Κύματα που θραύονται και κυματωγή

5.1 Εισαγωγή	95
5.2 Διάθλαση	95
5.3 Κύματα που θραύονται και κυματωγή	97
5.4 Ρεύματα στη ζώνη της κυματωγής	99
5.5 Ιζήματα της παραλίας	101

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

Ήχος μέσα στη θάλασσα

6.1 Ο υποβρύχιος ήχος και ο ναυτιλλόμενος	102
6.2 Πηγές παραγωγής του ήχου μέσα στους ωκεανούς	103
6.3 Ταχύτητα του ήχου μέσα στο θαλάσσιο νερό	103
6.4 Ανάκλαση των υποβρυχίων ηχητικών κυμάτων	106
6.5 Διάθλαση των υποβρυχίων ηχητικών κυμάτων	107
6.6 Αραίωση του ήχου	108

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

Πάγος στη θάλασσα

7.1 Ο πάγος και ο ναυτιλλόμενος	110
7.2 Σχηματισμός του πάγου	111
7.3 Ο πάγος χειρσαίας προελεύσεως	112
7.4 Ο θαλάσσιος πάγος	115
7.5 Πάγος του θαλάσσιου πάγου	120
7.6 Αλμυρότητα του θαλάσσιου πάγου	124
7.7 Πυκνότητα του πάγου	125
7.8 Έκπτωση του πάγου	126
7.9 Έκπτωση του παγόδουνου	128
7.10 Εξάπλωση του πάγου στη θάλασσα	131
7.11 Ο πάγος στο Βόρειο Ατλαντικό	134
7.12 Η διεθνής περίπολος πάγου	136
7.13 Εντοπισμός πάγου	140
7.14 Επιχειρήσεις μέσα στους πάγους	147
7.15 Πάγος των Μεγάλων Λιμνών	156
7.16 Παρατηρήσεις, αναφορές και προγνώσεις πάγου	162
Πίνακας περιεχομένων	165

ΚΟΡΥΡΙΧΤ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

