



ΑΝΩΤΕΡΕΣ ΔΗΜΟΣΙΕΣ ΣΧΟΛΕΣ  
ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

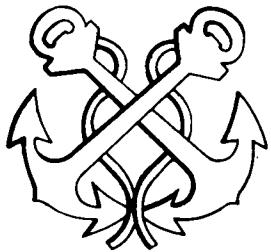
# ΡΑΔΙΟΝΑΥΤΙΛΙΑ

(Ηλεκτρονική Ναυτιλία)

ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ Η. ΠΑΛΛΗΚΑΡΗ  
ΠΛΟΙΑΡΧΟΥ Π.Ν.



**ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ**  
**ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ**



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



Οι συγγραφείς και η Επιτροπή Εκδόσεων του Ιδρύματος καταβάλλουν κάθε προσπάθεια, ώστε τα βιβλία να είναι επιστημονικώς άρτια αλλά και προσαρμοσμένα στις ανάγκες και τις δυνατότητες των σπουδαστών. Γ' αυτό και τα βιβλία αυτά έχουν προσεγμένη γλωσσική διατύπωση και η διαπραγμάτευση των θεμάτων είναι ανάλογη προς τη στάθμη της εκπαίδευσεως για την οποία προορίζεται κάθε σειρά των βιβλίων.

Έτσι προσφέρονται στους καθηγητές, τους σπουδαστές της ναυτικής μας εκπαίδευσεως και όλους τους αξιωματικούς του Ε.Ν. οι εκδόσεις του Ιδρύματος, των οποίων οι συμβολή στην πραγματοποίηση του σκοπού του Ευγενίου Ευγενίδου ελπίζεται να είναι μεγάλη.

## 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.).

**Δ. 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**.



I Δ P Y M A E Y Γ E N I Δ O Y  
—  
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

# ΡΑΔΙΟΝΑΥΤΙΛΙΑ

(Ηλεκτρονική Ναυτιλία)

ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ ΗΛ. ΠΑΛΛΗΚΑΡΗ  
Πλοιάρχου Π.Ν.

ΑΘΗΝΑ  
2005



Α' ΕΚΔΟΣΗ 1989  
Β' ΕΚΔΟΣΗ 1991  
Γ' ΕΚΔΟΣΗ 1993  
Δ' ΕΚΔΟΣΗ 1997



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στην παρούσα τέταρτη έκδοση έχουν πραγματοποιηθεί ορισμένες σημαντικές αλλαγές προκειμένου να καλυφθούν οι εξελίξεις της ηλεκτρονικής ναυτιλίας κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών. Οι κυριότερες από τις εξελίξεις αυτές είναι η ανάπτυξη των συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη ECDIS και η ολοκλήρωση του παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος προσδιορισμού στίγματος GPS.

Η ανάπτυξη των συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη ECDIS (*Electronic Chart Display and Information Systems*) επέφερε επαναστατική αλλαγή στις μεθόδους ναυσιπλοΐας. Με τη βοήθεια των συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη ECDIS, ο ναυτιλόμενος έχει πλέον τη δυνατότητα να εκτελεί με πολύ πιο εύκολο, γρήγορο και ασφαλή τρόπο, όλες τις εργασίες σχεδιάσεως και παρακολουθήσεως του πλου που παραδοσιακά γίνονται στον έντυπο ναυτικό χάρτη. Σημαντικό σταθμό στην εξέλιξη των μεθόδων ναυσιπλοΐας αποτελεί η απόφαση της 65ης συνόδου της ολομέλειας του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) τον Νοέμβριο του 1995, κατά την οποία τα συστήματα ECDIS που κατασκευάζονται σύμφωνα με τις προδιαγραφές του οργανισμού, αποτελούν επίσημο ναυτιλιακό βοήθημα, ισοδύναμο του παραδοσιακού έντυπου ναυτικού χάρτη.

Η ολοκλήρωση του παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος προσδιορισμού στίγματος GPS, είχε ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της χρησιμοποίησεως των κλασικών συστημάτων προσδιορισμού στίγματος (OMEGA, LORAN-C, DECCA κλπ.). Πολλές από τις χώρες που έχουν αναλάβει την ευθύνη συντηρήσεως και ελέγχου των επιγείων σταθμών των ανωτέρω συστημάτων, έχουν ήδη ανακοινώσει την πρόθεσή τους να προβούν στη σταδιακή διακοπή της υποστηρίξεως αυτής.

Οι κυριότερες από τις αλλαγές της παρούσας τέταρτης εκδόσεως είναι οι εξής:

- Ανασύνθεση της εισαγωγής, ώστε να παρέχεται μία συνοπτική εικόνα της σημερινής καταστάσεως και των προοπτικών της ηλεκτρονικής ναυτιλίας.
- Προσθήκη νέου κεφαλαίου με τίτλο «Συστήματα συντεταγμένων ηλεκτρονικής ναυτιλίας» (κεφάλαιο 2 παρούσας εκδόσεως). Το κεφάλαιο αυτό περιέχει ορισμένα στοιχεία του κεφαλαίου 7 της 3ης εκδόσεως και πολλά νέα στοιχεία για μία ολοκληρωμένη παρουσίαση του θέματος των συστημάτων συντεταγμένων που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρονική ναυτιλία.

- Το κεφάλαιο 2 της 3ης εκδόσεως περί ραδιογωνιομέτρου, μεταφέρθηκε στο τέλος του βιβλίου ως παράρτημα λόγω της περιορισμένης πλέον χρήσεως του ραδιογωνιομέτρου ως ναυτιλιακού βοηθήματος.
- Ανασύνθεση και επέκταση του κεφαλαίου για το παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού στίγματος GPS (κεφάλαιο 7 παρούσας εκδόσεως).
- Κατάργηση του κεφαλαίου 7 της 3ης εκδόσεως, λόγω της καταργήσεως του συστήματος NAVSAT/TRANSIT.
- Αναθεώρηση και επέκταση του τελευταίου κεφαλαίου της 3ης εκδόσεως (Άλλες εφαρμογές και παραδείγματα της ηλεκτρονικής ναυτιλίας) και αλλαγή του τίτλου του («Σύνθετοι δέκτες και περιφερειακές μονάδες ηλεκτρονικών συστημάτων προσδιορισμού στίγματος», κεφάλαιο 8 παρούσας εκδόσεως).
- Προσθήκη νέου κεφαλαίου (κεφάλαιο 10) με τίτλο: «Συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη». Σε αυτό παρουσιάζονται οι κυριότερες κατηγορίες συστημάτων ηλεκτρονικών χαρτών και αναπτύσσονται τα κύρια χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες των εγκεκριμένων από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) συστημάτων ECDIS.

Στην παρούσα έκδοση δεν έγινε καμιά αναθεώρηση στα κεφάλαια που αναφέρονται στα κλασικά συστήματα LORAN-C, OMEGA και DECCA, για τα οποία προβλέπεται περιορισμός της λειτουργίας τους σε ορισμένες περιοχές ή και ολική κατάργησή τους.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΡΑΔΙΟΝΑΥΤΙΛΙΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑ

### 0.1 Ηλεκτρονική ναυτιλία και ραδιοναυτιλία.

Για τον καθορισμό του ναυτιλιακού στίγματος, εκτός από τις κλασικές μεθόδους της ακτοπλοΐας και της αστρονομικής ναυτιλίας, ο ναυτιλλόμενος μπορεί να χρησιμοποιήσει διάφορα ηλεκτρονικά όργανα και συσκευές, που παρέχουν τη δυνατότητα προσδιορισμού του στίγματος σε πολύ σύντομο χρονικό διάστημα κατά τη διάρκεια της ημέρας και της νύκτας και ανεξάρτητα από τις επικρατούσες συνθήκες ορατότητας.

Σήμερα, η εκτέλεση του πλου γίνεται με τη χρησιμοποίηση των διαφόρων ναυτικών ηλεκτρονικών οργάνων και έτσι έχει δημιουργηθεί **ο κλάδος της ηλεκτρονικής ναυτιλίας**. Ο όρος ηλεκτρονική ναυτιλία είναι πολύ γενικός, γιατί περιλαμβάνει τη χρησιμοποίηση οποιουδήποτε ναυτικού ηλεκτρονικού οργάνου ή συσκευής, όπως ραντάρ, βιθόμετρα, δρομόμετρα, γυροπιζίδες, ραδιογωνιόμετρο, συστήματα υπερβολικής-δορυφορικής-αδρανειακής ναυσιπλοΐας, ηλεκτρονικοί υπολογιστές, συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη κλπ.

Ο παραδοσιακός όρος ραδιοναυτιλία, αναφέρεται στον προσδιορισμό του στίγματος με τη βοήθεια ηλεκτρονικών οργάνων, τα οποία λαμβάνουν πληροφορίες που εκπέμπονται από ορισμένους σταθμούς που βρίσκονται σε γνωστά σημεία. Οι σταθμοί από τους οποίους εκπέμπονται οι απαραίτητες για τον προσδιορισμό του στίγματος πληροφορίες και οι ηλεκτρονικές συσκευές (δέκτες) που βρίσκονται στο πλοίο αποτελούν τα διάφορα ηλεκτρονικά συστήματα προσδιορισμού στίγματος (ΗΣΠΣ).

Μια σχετικά πρόσφατη επαναστατική αλλαγή στις μεθόδους ναυσιπλοΐας αποτελεί η ανάπτυξη των συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη τα οποία παρέχουν στο ναυτιλλόμενο τη δυνατότητα να απεικονίζει στην οθόνη του συστήματος το ναυτικό χάρτη της περιοχής επί του οποίου εμφανίζεται συνεχώς η θέση (στίγμα) του πλοίου που παρέχεται από το ηλεκτρονικό σύστημα προσδιορισμού στίγματος καθώς και άλλα χρήσιμα στοιχεία όπως η σχεδιασθείσα και η πραγματική ως προς το βιθό πορεία, η εικόνα του ραντάρ αλλά και άλλες πληροφορίες που περιέχονται σε διάφορες ναυτιλιακές εκδόσεις (πλοηγός, φαροδείκτες κλπ). Με τη βοήθεια των συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη ο ναυτιλλόμενος έχει πλέον τη δυνατότητα να εκτελεί όλες τις εργασίες σχεδιάσεως και παρακολουθήσεως του πλου που γίνονται στον παραδοσιακό έντυπο ναυτικό χάρτη με πολύ πιο εύκολο, γρήγορο και ασφαλή τρόπο.

## 0.2 Κατηγορίες συστημάτων προσδιορισμού στίγματος.

Στα περισσότερα από τα συστήματα προσδιορισμού στίγματος τα οποία χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία, το στίγμα του σκάφους προσδιορίζεται αναφορικά με τη θέση δύο ή περισσοτέρων σταθμών από τους οποίους εκπέμπονται τα απαραίτητα για τον καθορισμό της θέσεως του σκάφους στοιχεία. Ανάλογα με τη θέση των σταθμών από τους οποίους εκπέμπονται τα στοιχεία αυτά, τα ηλεκτρονικά συστήματα προσδιορισμού στίγματος διακρίνονται σε επίγεια και σε δορυφορικά.

Στα επίγεια συστήματα ο καθορισμός του στίγματος γίνεται με τη λήψη ραδιοκυμάτων τα οποία εκπέμπονται από σταθμούς που είναι εγκατεστημένοι σε διάφορα σημεία της επιφάνειας της γης. Τα κυριότερα επίγεια συστήματα που χρησιμοποιούνται στη ναυσιπλοΐα είναι τα συστήματα υπερβολικής ναυτιλίας στα οποία το στίγμα του πλοίου προσδιορίζεται στην τομή δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως [σχ. 0.2(1)] κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη διαφορά αποστάσεων του σκάφους (δέκτη) από δύο σταθμούς ξηράς (βλ. κεφάλαιο 3). Παραδείγματα υπερβολικών συστημάτων προσδιορισμού στίγματος αποτελούν τα συστήματα LORAN-C, OMEGA και DECCA.

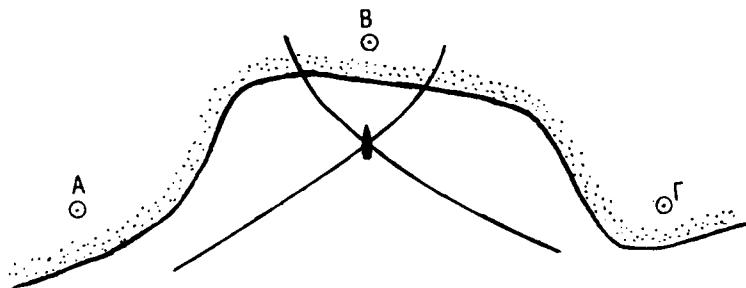
Στα δορυφορικά συστήματα ο καθορισμός του στίγματος γίνεται με τη λήψη ραδιοκυμάτων τα οποία εκπέμπονται από δορυφόρους. Από τα διάφορα δορυφορικά συστήματα προσδιορισμού θέσεως, στη ναυσιπλοΐα χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά το σύστημα GPS. Το παλαιότερο δορυφορικό σύστημα NAVSAT/TRANSIT έχει πλέον αντικατασταθεί πλήρως από το σύστημα GPS.

Εκτός από τα ανωτέρω συστήματα προσδιορισμού στίγματος υπάρχουν και άλλα τα οποία δεν χρησιμοποιούνται για γενική ναυτιλιακή χρήση αλλά για εξειδικευμένες χρήσεις για τις οποίες απαιτείται ιδιαίτερα μεγάλη ακρίβεια στίγματος όπως θαλάσσιες επιστημονικές έρευνες, ναυσιπλοΐα υποβρυχίων, υδρογραφήσεις κλπ. Τα κυριότερα από τα συστήματα αυτά (τα οποία δεν εξετάζονται στο βιβλίο αυτό) είναι τα εξής :

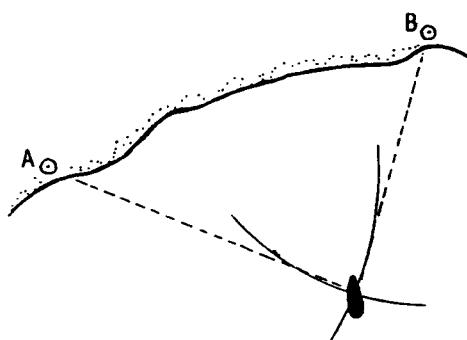
**Κυκλικά συστήματα**, στα οποία το στίγμα του πλοίου προσδιορίζεται στην τομή δύο κυκλικών γραμμών θέσεως οι οποίες προκύπτουν από τη μέτρηση των αποστάσεων του σκάφους από ισάριθμους σταθμούς ξηράς [σχ. 0.2(2)]. Τα συστήματα αυτά συνήθως έχουν μικρή εμβέλεια (50 km περίπου) αλλά πολύ μεγάλη ακρίβεια στίγματος (1-3 μέτρα περίπου). Εκτός από την περιορισμένη εμβέλεια, ένα άλλο μειονέκτημα των αζιμουθιακών συστημάτων είναι ο περιορισμένος αριθμός πλοίων που είναι δυνατό να χρησιμοποιησουν ταυτόχρονα τους (δύος σταθμούς ξηράς σε αντίθεση με τα υπερβολικά συστήματα τα οποία παρέχουν τη δυνατότητα ταυτόχρονης χρησιμοποιήσεώς τους από απεριόριστο αριθμό πλοίων. Συνήθως με δύο σταθμούς ξηράς τα κυκλικά συστήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ταυτόχρονα από 3-4 πλοία.

**Αζιμουθιακά συστήματα**, στα οποία το στίγμα του πλοίου προσδιορίζεται στην τομή μιας κυκλικής και μιας ευθείας γραμμής θέσεως οι οποίες προκύπτουν από τη μέτρηση της αποστάσεως και διευθύνσεως (αζιμούθ) του δέκτη από ένα σταθμό ξηράς [σχ. 0.2(3)]. Τα συστήματα αυτά συνήθως έχουν μικρή εμβέλεια (15-30 km περίπου) αλλά πολύ μεγάλη ακρίβεια στίγματος (1-2 μέτρα περίπου). Εκτός από την περιορισμένη εμβέλεια, ένα άλλο μειονέκτημα των αζιμουθιακών συστημάτων είναι ότι μόνο ένα σκάφος είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα από το σύστημα σε αντίθεση με τα υπερβολικά τα οποία παρέχουν τη δυνατότητα ταυτόχρονης χρησιμοποιήσεώς τους από απεριόριστο αριθμό πλοίων.

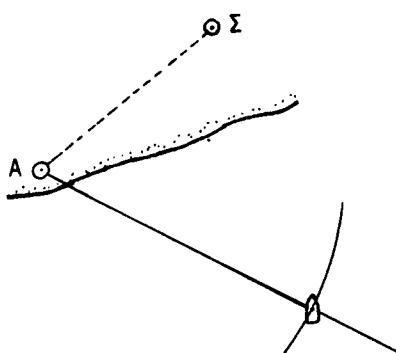
**Ακουστικά συστήματα**, στα οποία ο καθορισμός του στίγματος γίνεται με τη λήψη ακουστικών σημάτων τα οποία εκπέμπονται από σταθμούς που βρίσκονται στο θαλάσσιο βυθό.



1. Υπερβολικό σύστημα.  
Το στίγμα προσδιορίζεται στην τομή δύο υπερβολικών γραμμών θέσεως.



2. Κυκλικό σύστημα.  
Το στίγμα προσδιορίζεται στην τομή δύο κυκλικών γραμμών θέσεως.



3. Αζιμουθιακό σύστημα.  
Το στίγμα προσδιορίζεται στην τομή μιας κυκλικής και μιας ευθείας γραμμής θέσεως.

### Σχ. 0.2.

Τρόπος προσδιορισμού στίγματος στα υπερβολικά, κυκλικά και αζιμουθιακά συστήματα.

**Αδρανειακά συστήματα**, στα οποία ο καθορισμός της θέσεως του σκάφους δεν στηρίζεται στη λήψη σημάτων που εκπέμπονται από σταθμούς εκτός σκάφους, αλλά προκύπτει από τη μέτρηση των επιταχύνσεών του σε τρεις διευθύνσεις και στη συνέχεια στη διπλή ολοκλήρωση ως προς το χρόνο των μετρουμένων επιταχύνσεων για τον υπολογισμό του διανυόμενου σε κάθε διεύθυνση διαστήματος.

**Διαφορικά (differential)** ονομάζονται τα συστήματα στα οποία ένας σταθμός γνωστών συντεταγμένων, χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των διαφορών της πραγματικής θέσεως του σταθμού από τις θέσεις που παρέχει ένας δέκτης του συστήματος εγκατεστημένος στο σταθμό, ώστε στη συνέχεια οι διαφορές αυτές να εκπέμπονται από το σταθμό ως διορθώσεις για τους δέκτες των πλοίων της περιοχής.

### 0.3 Αρχές λειτουργίας ηλεκτρονικών συστημάτων προσδιορισμού στίγματος.

Για τον προσδιορισμό του στίγματος τα περισσότερα ηλεκτρονικά συστήματα προσδιορισμού στίγματος που χρησιμοποιούνται στη ναυσιπλοΐα εκτελούν διάφορες μετρήσεις αποστάσεων ή διαφορών αποστάσεων του σκάφους από ορισμένους επίγειους σταθμούς ή δορυφόρους. Οι μετρήσεις αυτές γίνονται συνήθως με την επεξεργασία των λαμβανομένων στο δέκτη του συστήματος ραδιοκυμάτων που εκπέμπονται από επίγειους σταθμούς ή δορυφόρους. Η επεξεργασία αυτή γίνεται συνήθως με τις παρακάτω μεθόδους :

- Μέτρηση διαφοράς φάσεως.
- Μέτρηση χρόνου διαδόσεως παλμικού σήματος.

#### Μέτρηση διαφοράς φάσεως.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως στα υπερβολικά συστήματα για τον προσδιορισμό της διαφοράς των αποστάσεων του σκάφους από δύο σταθμούς ξηράς. Παραδείγματα συστημάτων προσδιορισμού στίγματος που λειτουργούν με τη μέθοδο αυτή αποτελούν τα υπερβολικά συστήματα OMEGA και DECCA.

#### Μέτρηση χρόνου διαδόσεως παλμικού σήματος.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της αποστάσεως του σκάφους από ένα σταθμό ξηράς ή ένα δορυφόρο, καθώς και τον προσδιορισμό της διαφοράς αποστάσεων του σκάφους από δύο επίγειους σταθμούς στα υπερβολικά συστήματα. Για τον υπολογισμό της αποστάσεως ή των διαφορών αποστάσεων ο μετρούμενος χρόνος διαδόσεως πολλαπλασιάζεται με την ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα. Παραδείγματα συστημάτων προσδιορισμού στίγματος που λειτουργούν με τη μέθοδο αυτή αποτελούν το υπερβολικό σύστημα LORAN-C και το δορυφορικό σύστημα GPS.

#### 0.4 Γενικά χαρακτηριστικά συγχρόνων δεκτών συστημάτων προσδιορισμού στίγματος.

Οι σύγχρονοι δέκτες των διαφόρων ηλεκτρονικών συστημάτων προσδιορισμού στίγματος έχουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά, τόσο στην εξωτερική εμφάνιση όσο και στον τρόπο λειτουργίας και τις δυνατότητές τους.

Ένα κοινό χαρακτηριστικό των συγχρόνων δεκτών των διαφόρων συστημάτων προσδιορισμού στίγματος είναι το μικρό τους μέγεθος, το οποίο συνήθως είναι της τάξεως  $10 \times 17 \times 25$  cm και η ευκολία εγκαταστάσεώς τους σε οποιοδήποτε σκάφος, ακόμη και σε μικρά σκάφη αναψυχής, αφού η τροφοδότησή τους μπορεί να γίνει με μια απλή μπαταρία 12 - 24V D.C.

Ειδικά ορισμένοι δέκτες του δορυφορικού συστήματος GPS είναι κυριολεκτικά φορητοί. Άλλα κοινά χαρακτηριστικά των παραπάνω δεκτών αφορούν τον τρόπο λειτουργίας και τις δυνατότητές τους, λόγω του ενσωματωμένου σε αυτούς μικροϋπολογιστή.

Όλοι οι σύγχρονοι δέκτες των διαφόρων συστημάτων προσδιορισμού στίγματος έχουν τα επόμενα γενικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες:

- Είναι εύκολοι στο χειρισμό τους, ο οποίος γίνεται με τη βοήθεια του πληκτρολογίου κάθε δέκτη.
- Τα στοιχεία του στίγματος ( $\phi$ ,  $\lambda$ ) καθώς και άλλα συμπληρωματικά στοιχεία, τα οποία υπολογίζονται από τον ενσωματωμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή εμφανίζονται άμεσα στον ψηφιακό ενδείκτη του δέκτη σε διάφορες μορφές, π.χ. γεωγραφικές συντεταγμένες ( $\phi$ ,  $\lambda$ ), συντεταγμένες UTM (X, Y) κλπ.
- Με τη βοήθεια του ενσωματωμένου στο δέκτη μικροϋπολογιστή, ο οποίος χειρίζεται με το πληκτρολόγιο του δέκτη, είναι δυνατή η αυτόματη επίλυση διαφόρων ναυτιλιακών προβλημάτων, όπως π.χ. ακολουθητέα πορεία για άφιξη σε διάφορα σημεία προορισμού, απόσταση και διόπτευση μεταξύ διαφόρων σημείων, επίλυση προβλημάτων ορθοδρομικού πλου, ειδοποίηση του ναυτιλλόμενου με ηχητική σήμανση ότι βρίσκεται εκτός κάποιας προκαθορισθείσας διαδρομής, υπολογισμός πραγματικής ως προς το βυθό πορείας και ταχύτητας κ.α.

Εκτός από τις παραπάνω δυνατότητες, όλοι σχεδόν οι σύγχρονοι δέκτες των δορυφορικών συστημάτων προσδιορισμού στίγματος έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται με άλλες μονάδες, όπως οθόνες, αυτόματους ηλεκτρονικούς ή ηλεκτρομηχανικούς πορειογράφους για την απεικόνιση της διαδρομής του πλοίου, συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη κ.α. (βλ. κεφ. 8 και 9).

#### 0.5 Αναμενόμενες αλλαγές στα συστήματα προσδιορισμού στίγματος.

Λόγω της κατά τα τελευταία χρόνια αναπτύξεως του συστήματος GPS και ειδικότερα του διαφορικού GPS, η χρησιμοποίηση των κλασικών επιγείων συστημάτων LORAN-C, DECCA και OMEGA έχει περιορισθεί σημαντικά.

Αρκετές χώρες που έχουν αναλάβει τη συντήρηση του δικτύου επιγείων σταθμών των συστημάτων αυτών, προτίθενται να προβούν κατά τα επόμενα χρόνια σε σταδιακή κατάργηση τους.

Η μέχρι σήμερα ανακοινωθείσες αλλαγές είναι οι εξής :

- Παύση λειτουργίας σταθμών Decca Δανίας, Φιλανδίας, Ολλανδίας, Σουηδίας μέχρι 31-12-99 και N. Αφρικής μέχρι 31-12-98.
- Παύση λειτουργίας σταθμών OMEGA μέχρι 30-9-97.

Η ανάπτυξη του δορυφορικού συστήματος GPS έχει επηρεάσει και το σύστημα LORAN-C δεδομένου ότι σε ορισμένες περιοχές έχει παύσει η λειτουργία των σταθμών LORAN-C χωρίς να έχουν επί του παρόντος ληφθεί οριστικές αποφάσεις για το μέλλον του συστήματος.

## 0.6 Συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας στον τομέα των ηλεκτρονικών συστημάτων προσδιορισμού στίγματος και των ηλεκτρονικών υπολογιστών έχει επιφέρει μία επαναστατική αλλαγή όχι μόνο στη μορφή και τις δυνατότητες των ηλεκτρονικών συστημάτων προσδιορισμού στίγματος, αλλά και στις μεθόδους ναυσιπλοίας γενικότερα.

Αποτέλεσμα της χρησιμοποίησεως των ηλεκτρονικών υπολογιστών και της πληροφορικής στη ναυτιλία σε συνδυασμό με τις δυνατότητες των ΗΣΠΣ και των λοιπών ηλεκτρονικών ναυτικών οργάνων, είναι η δημιουργία των συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη, τα οποία δίνουν στο ναυτιλόμενο τη δυνατότητα να έχει συγκεντρωμένες σε μία οθόνη όλες τις απαραίτητες για την ασφαλή εκτέλεση του πλου πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές προέρχονται από τους ναυτικούς χάρτες και τις ναυτιλιακές εκδόσεις (πλοηγοί, φαροδείκτες κλπ.) καθώς και από το ραντάρ και τα ΗΣΠΣ για την σε πραγματικό χρόνο απεικόνιση της θέσεως (στίγματος) και διαδρομής του πλοίου.

Η χρησιμοποίηση των συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη παρέχει στο ναυτιλόμενο τη δυνατότητα ελαττώσεως της εντάσεως εργασίας στη γέφυρα και λήψεως αμέσων και σωστών αποφάσεων για την ασφαλή εκτέλεση του πλου και την αντιμετώπιση εκτάκτων καταστάσεων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

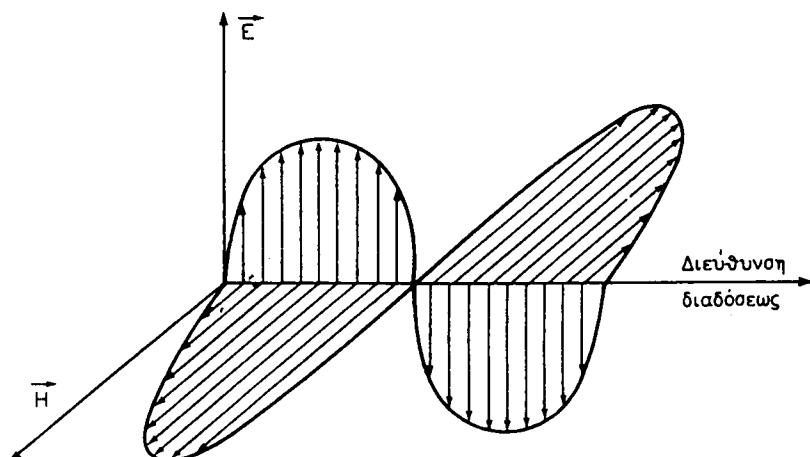
### ΔΙΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

**1.1 Γενική περιγραφή του τρόπου διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.**

#### **1.1.1 Γενικά χαρακτηριστικά των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.**

Το ηλεκτρομαγνητικό κύμα αποτελείται από ένα παλλόμενο ηλεκτρικό πεδίο  $E$  και ένα παλλόμενο μαγνητικό πεδίο  $H$ , των οποίων οι διευθύνσεις είναι κάθετες μεταξύ τους. Η διεύθυνση διαδόσεως του ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι κάθετη προς τις διευθύνσεις (των δυναμικών γραμμών) των πεδίων  $E$  και  $H$  (σχ. 1.1α).

Η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων  $c$  δεν είναι απόλυτα σταθερή, αλλά εξαρτάται από το μέσο διαδόσεως και επομένως επηρεάζεται από τις συνθήκες της ατμόσφαιρας. Η μεγαλύτερη τιμή της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων παρατηρείται κατά τη διάδοσή τους στο κενό και ισούται με 299 712 458 m/sec (§ 1.3).



**Σχ. 1.1α.**  
Ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

Λόγω του τρόπου δημιουργίας τους (σχ. 1.1a) τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να απεικονισθούν με τη μορφή μιας ημιτονοειδούς καμπύλης (σχ. 1.1b και 1.1g), η οποία αντιστοιχεί στην **ένταση** ή **ισχύ P** του ηλεκτρομαγνητικού κύματος που ορίζεται ως το εξωτερικό γινόμενο των εντάσεων του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου.

**Συχνότητα f** είναι ο αριθμός των κύκλων (εναλλαγών) του ηλεκτρομαγνητικού κύματος, που συμπληρώνεται στη μονάδα του χρόνου (ίδιος για το ηλεκτρικό πεδίο E και το μαγνητικό πεδίο H).

**Περίοδος T** είναι ο χρόνος, στον οποίο συμπληρώνεται ένας κύκλος (μια εναλλαγή) του κύματος.

**Η φάση φ** ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι η παράμετρος, που προσδιορίζει σε ποιο σημείο του κύκλου θρίσκεται το ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Η φάση μετράται σε μοίρες έτσι, ώστε ένας κύκλος (μια εναλλαγή) του κύματος να αντιστοιχεί σε  $360^\circ$  (σχ. 1.1b και 1.1g).

**Μήκος κύματος λ** είναι η απόσταση που διανύει το ηλεκτρομαγνητικό κύμα σε μια περίοδο T.

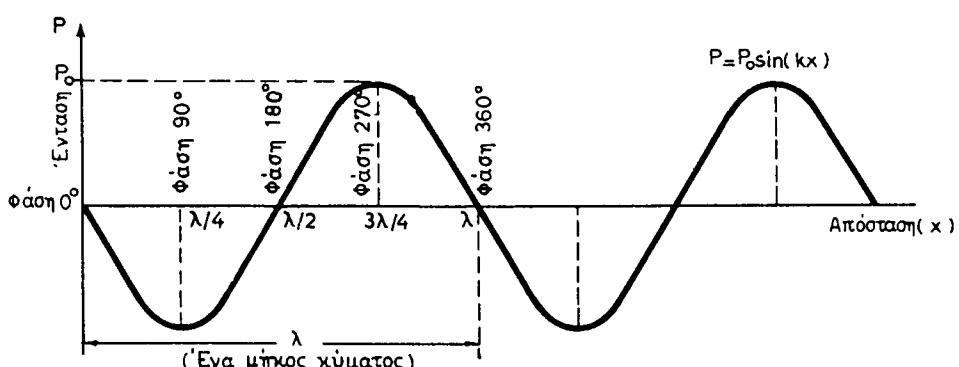
Όπως φαίνεται στο σχήμα 1.1b σε διάστημα ενός μήκους κύματος στη διεύθυνση διαδόσεως, παρατηρείται αλλαγή της φάσεως κατά  $360^\circ$ .

Από τους παραπάνω ορισμούς, προκύπτει ότι η ταχύτητα διαδόσεως c, το μήκος κύματος λ, η περίοδος T και η συχνότητα f του ηλεκτρομαγνητικού κύματος συνδέονται με τις σχέσεις:

$$\lambda = cT = \frac{c}{f} \quad (1.1)$$

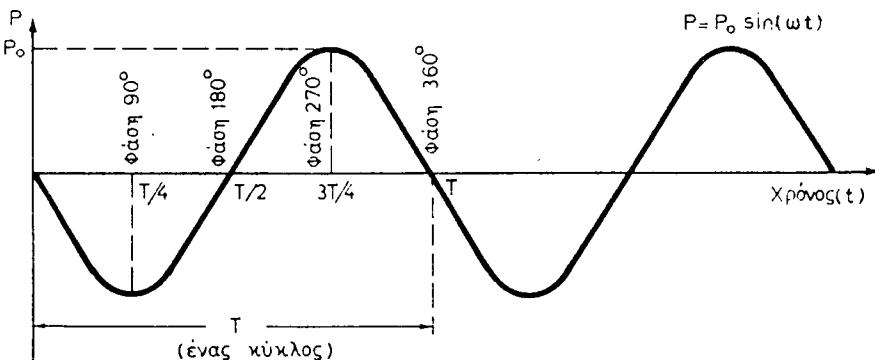
$$T = \frac{1}{f} \quad (1.2)$$

**Ένταση ή ισχύς P** του ηλεκτρομαγνητικού κύματος, που διέρχεται από μια μοναδιαία επιφάνεια, είναι το εξωτερικό γινόμενο των εντάσεων του ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου:



Σχ. 1.18.

Μεταβολή της εντάσεως του ηλεκτρομαγνητικού κύματος στο χώρο (κατά μήκος της διευθύνσεως διαδόσεως).



Σχ. 1.1γ.

Μεταβολή της εντάσεως του κύματος στο χώρο (σε συγκεκριμένο σημείο).

Η μεταβολή της εντάσεως  $P$  ενός κύματος στο χώρο και στο χρόνο δίνεται από την εξίσωση (1.3).

$$P(x, t) = P_0 \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right) \quad (1.3)$$

όπου  $P_0$  η μέγιστη ένταση (σχ. 1.1θ και 1.1γ).

Η εξίσωση αυτή παριστάνει κύμα που διαδίδεται με μέτωπο κάθετο στον άξονα  $x$ .

Η εξίσωση (1.3) μπορεί να πάρει τις μορφές των εξισώσεων (1.4) και (1.5):

$$\begin{aligned} P(x, t) &= P_0 \sin 2\pi \frac{1}{T} \left( t - \frac{x}{\lambda T} \right) \\ P(x, t) &= P_0 \sin 2\pi f \left( t - \frac{x}{c} \right) \end{aligned} \quad (1.4)$$

$$P(x, t) = P_0 \sin 2\pi \left( \frac{1}{T} t - \frac{x}{\lambda} \right) = P_0 \sin \left( \frac{2\pi}{T} t - \frac{2\pi}{\lambda} x \right) = P_0 \sin (\omega t - \kappa x) \quad (1.5)$$

όπου:  $\omega$  η κυκλική συχνότητα ίση με  $\frac{2\pi}{T}$

και  $\kappa$  ο κυματαριθμός ίσος με  $\frac{2\pi}{\lambda}$

Στο σχήμα 1.1θ φαίνεται η μεταβολή της εντάσεως του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στο χώρο, πώς δηλαδή μεταβάλλεται η έντασή του κατά μήκος της διευθύνσεως διαδόσεως, ανάλογα με την απόσταση από το σημείο εκπομπής.

Στο σχήμα 1.1γ φαίνεται η μεταβολή της εντάσεως του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου στο χρόνο, πώς δηλαδή μεταβάλλεται η ένταση σε ένα συγκεκριμένο σημείο με την πάροδο του χρόνου.

Οι ημιτονοειδείς καμπύλες των σχημάτων 1.1θ και 1.1γ, για τη μεταβολή της εντάσεως στο χώρο και στο χρόνο, εκφράζονται αντίστοιχα από τις εξισώσεις (1.6) και (1.7) οι οποίες είναι απλοποιημένες μορφές της γενικής εξισώσεως (1.3) που δίνει τη μεταβολή της εντάσεως στο χώρο και το χρόνο.

$$P = P_0 \sin\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) = P_0 \sin(kx) \quad (1.6)$$

$$P = P_0 \sin\left(\frac{2\pi}{T} t\right) = P_0 \sin(\omega t) \quad (1.7)$$

Ως **πόλωση** (polarization) του ηλεκτρομαγνητικού κύματος ορίζεται η διεύθυνση του ηλεκτρικού πεδίου  $E$ . Η πόλωση του ηλεκτρομαγνητικού κύματος εξαρτάται από τον τύπο της κεραίας εκπομπής. Η κατακόρυφη κεραία εκπέμπει κατακόρυφα πολωμένο κύμα, ενώ η οριζόντια οριζόντια πολωμένο. Άλλα συστήματα κεραιών, όπως η ελικοειδής κεραία, εκπέμπουν κύματα περιστρεφόμενης πολώσεως (αριστερόστροφης ή δεξιόστροφης).

Οι κεραίες που χρησιμοποιούνται για την εκπομπή των σταθμών ενός ηλεκτρονικού συστήματος προσδιορισμού στίγματος είναι ευθύγραμμες κατακόρυφες κεραίες «διπόλα». Οι κεραίες αυτές έχουν τη μέγιστη απόδοσή τους, όταν το μήκος τους είναι (περίπου) ίσο με το μισό του μήκους κύματος του εκπεμπόμενου σήματος.

Η πόλωση του εκπεμπόμενου ηλεκτρομαγνητικού κύματος προσδιορίζει και τον αντίστοιχο τύπο της κεραίας λήψεως προκειμένου το λαμβανόμενο σήμα να έχει τη μεγαλύτερη δυνατή ένταση. Για να συμβεί αυτό, πρέπει η κεραία λήψεως να έχει τη διεύθυνση πολώσεως του κύματος (να είναι και αυτή κατακόρυφη), ώστε οι δυναμικές γραμμές του μαγνητικού πεδίου να είναι κάθετες στην κεραία και το επαγόμενο σε αυτήν ηλεκτρικό ρεύμα να έχει τη μέγιστη ένταση.

### 1.1.2 Βασικές αρχές και τρόποι διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, κατά τη διάδοσή τους στην ατμόσφαιρα, δεν διαδίδονται ευθύγραμμα και ομαλά, αλλά υφίστανται μεταβολές της ταχύτητας διαδόσεως, εξασθένιση και κάμψη. Οι μεταβολές αυτές είναι περισσότερο ή λιγότερο έντονες ανάλογα με τη συχνότητα των διαδιδομένων κυμάτων. Σύμφωνα με τη συχνότητά τους τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες, όπως φαίνεται στον πίνακα 1.1.1.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, κατά τη διάδοσή τους σε κάποιο μέσο, έχουν τις παρακάτω ιδιότητες:

α) Η συχνότητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων παραμένει σταθερή κατά τη διάδοσή τους και ανεξάρτητη από το μέσο διαδόσεως.

β) Η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων εξαρτάται από το μέσο στο οποίο διαδίδονται, αλλά είναι σταθερή για ένα ομοιογενές μέσο διαδόσεως.

γ) Το μήκος κύματος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων εξαρτάται από το μέσο στο οποίο διαδίδονται, αλλά είναι σταθερό για ένα ομοιογενές μέσο διαδόσεως.

δ) Η ένταση ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος, που διαδίδεται στην ατμόσφαιρα, ελαττώνεται με την απόσταση που διανύει.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1.1**  
**Το φάσμα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων**

Συχνότητα (f)	Ζώνη	Μήκος κύματος (λ)
10 kHz - 30 kHz	VLF Very Low Frequencies (Πολύ χαμηλές συχνότητες) Very Long Waves (Πολύ μακρά κύματα)	30000 m - 10000 m
30 kHz - 300 kHz	LF Low Frequencies (Χαμηλές συχνότητες) Long Waves (Μακρά κύματα)	10000 m - 1000 m
300 kHz - 3 MHz	MF Medium Frequencies (Μεσαίες συχνότητες) Medium Waves (Μεσαία κύματα)	1000 m - 100 m
3 MHz - 30 MHz	HF High Frequencies (Υψηλές συχνότητες) Short Waves (Βραχέα κύματα)	100 m - 10 m
30 MHz - 300 MHz	VHF Very High Frequencies (Πολύ υψηλές συχνότητες) Very short Waves (Υπερβραχέα κύματα)	10 m - 1m
300 MHz - 3 GHz	UHF Ultra High Frequencies (Υπερύψηλες συχνότητες) Decimetric Waves (Δεκατομετρικά κύματα)	1 m - 0,1 m
3 GHz - 30 GHz	SHF Super High Frequencies (Εξαιρετικά υψηλές συχνότητες) Centimetric Waves (Εκατοστρομετρικά κύματα)	10 cm - 1 cm
30 GHz - 300 GHz	EMF Extreme High Frequencies (Ακρότατα υψηλές συχνότητες) Millimetric Waves (Χιλιοστρομετρικά κύματα)	1 cm - 1 mm
1 GHz - 2 GHz	L - band	30 cm - 15 cm
2 GHz - 4 GHz	S - band	15 cm - 7,5 cm
4 GHz - 8,2 GHz	C - band	
8,2 GHz - 12,4 GHz	X - band	
12,4 GHz - 18 GHz	Ku - band	

Η διάδοση ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος από μια κεραία εκπομπής προς μια κεραία λήψεως μπορεί να ακολουθήσει αρκετές διαδρομές, ανάλογα με τη συχνότητα εκπομπής, τις συνθήκες της ατμόσφαιρας, και την αγωγιμότητα της επιφάνειας του εδάφους ή της θάλασσας επάνω από την οποία διαδίδεται.

Οι διαφορετικές αυτές διαδρομές φαίνονται στο σχήμα 1.1δ και είναι:

α) **Κύμα επιφάνειας** (surface wave) που ακολουθεί την καμπυλότητα της γης και παρατηρείται συνήθως στο φάσμα των ραδιοκυμάτων (10 kHz - 300 MHz ή 30 000 m - 1 m).

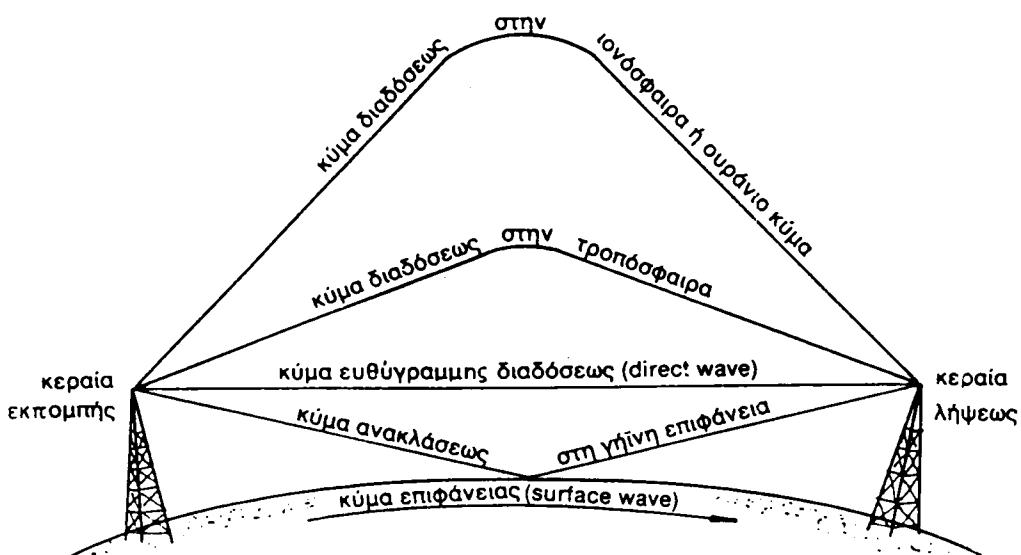
β) **Κύμα ευθύγραμμης διαδόσεως ή κύμα χώρου** (direct wave ή space wave) που παρατηρείται συνήθως στα μικροκύματα (1 GHz - 3 GHz ή 30 cm - 10 cm).

γ) **Κύμα ανακλάσεως από τη γήινη επιφάνεια**. Η διάδοση αυτή οφείλεται στην ανάκλαση ενός κύματος ευθύγραμμης διαδόσεως στην επιφάνεια της γης.

δ) **Κύμα διαδόσεως στην τροπόσφαιρα**. Κατά τη διάδοση αυτή τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα υφίστανται κάμψη με τα κοίλα στραμμένα προς την επιφάνεια της γης.

ε) **Κύμα διαδόσεως στην ιονόσφαιρα ή ουράνιο κύμα** (sky wave).

Οι τρεις πρώτες από τις παραπάνω περιπτώσεις διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (κύμα επιφάνειας, κύμα ευθύγραμμης διαδόσεως και κύμα ανακλάσεως από τη γήινη επιφάνεια) χαρακτηρίζονται και με το γενικό όρο **κύμα εδάφους** (ground wave), σε αντιδιαστολή με το κύμα διαδόσεως στην ιονόσφαιρα που λέγεται και **ουράνιο κύμα** (sky wave).



Σχ. 1.1δ.

Τρόποι διαδόσεως ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

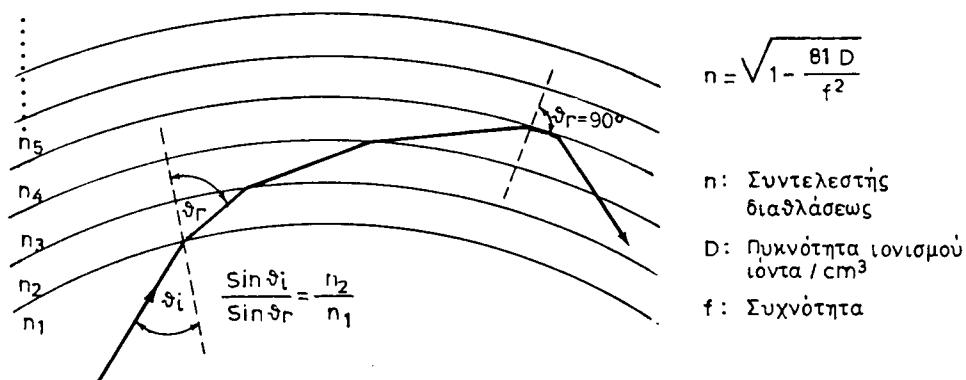
## 1.2 Ανάκλαση, διάθλαση και περίθλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

### a) Ανάκλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Αν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, κατά τη διάδοσή τους, συναντήσουν μια επιφάνεια μεγάλης αγωγιμότητας, ανακλώνται σύμφωνα με τους γνωστούς νόμους της ανακλάσεως του φωτός. Αν τώρα η επιφάνεια, επάνω στην οποία προσπίπτουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, έχει χαμηλή αγωγιμότητα (είναι δηλ. κακός αγώγος), τότε δεν παρατηρείται ανάκλαση αλλά απορρόφηση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Τα περισσότερα υλικά έχουν την ιδιότητα να ανακλούν ένα μέρος των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων και να απορροφούν ένα άλλο.

### b) Διάθλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατά τη διάδοσή τους στην ατμόσφαιρα υφίστανται διάθλαση ανάλογη με αυτή του φωτός και κάμπτονται με τα κοίλα στραμμένα προς την επιφάνεια της γης. Η διάθλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα εξαρτάται από την πυκνότητα ιονισμού της ατμόσφαιρας και από τη συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος (σχ. 1.2a).



Σχ. 1.2a.

Διάθλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων

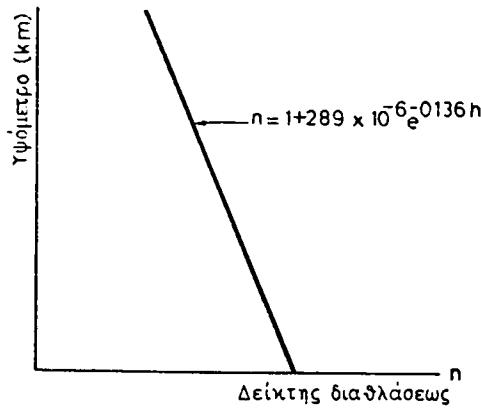
Ο συντελεστής διαθλάσεως (refractive index) των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα,  $n$ , ορίζεται ως ο λόγος της ταχύτητας  $c_0$  της διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στο κενό, προς την ταχύτητα  $c$  διαδόσεώς τους στη συγκεκριμένη ατμόσφαιρα:

$$n = \frac{c_0}{c} \quad (1.8)$$

Ως διαθλαστικότητα (refractivity) ορίζεται ο αριθμός  $N$  που δίνεται από τη σχέση:

$$N = (n - 1) \times 10^6 \quad (1.9)$$

και οι δύο αριθμοί  $n$  και  $N$  αυξάνουν με την πυκνότητα (ελαττώνονται με το ύψος) της ατμόσφαιρας (σχ. 1.2b).



Σχ. 1.28.

Μεταβολή του συντελεστή διαθλάσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων VHF έως SHF σε συνάρτηση με το ύψος.

Τυπικές τιμές των αριθμών αυτών για ατμόσφαιρα που αντιστοιχεί στην επιφάνεια της θάλασσας είναι:  $n = 1,000320$  και  $N = 320$ .

Από τις διάφορες κατηγορίες ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, τα μικροκύματα (300 MHz - 30 GHz) υφίστανται τη μικρότερη διάθλαση και πρακτικά θεωρείται ότι διαδίδονται σχεδόν ευθύγραμμα, ενώ τα χαμηλής συχνότητας ραδιοκύματα διαθλώνται σε τέτοιο βαθμό, ώστε κατά τη διάδοσή τους ακολουθούν την καμπυλότητα της γης (§ 1.6.1 και 1.6.2).

Τα ραδιοκύματα πολύ υψηλών έως και εξαιρετικά υψηλών συχνοτήτων (VHF έως SHF) (§ 1.6.5 και 1.6.6) λόγω της διαθλάσεώς τους, κατά τη διάδοσή τους στην τροπόσφαιρα, υφίστανται κάμψη με τα κούλα στραμμένα προς την επιφάνεια της γης, και ακολουθούν διαδρομή που αντιστοιχεί σε τόξο κύκλου ακτίνας ίσης με τα  $\frac{4}{3}$  της γήινης ακτίνας (σχ. 1.2γ).

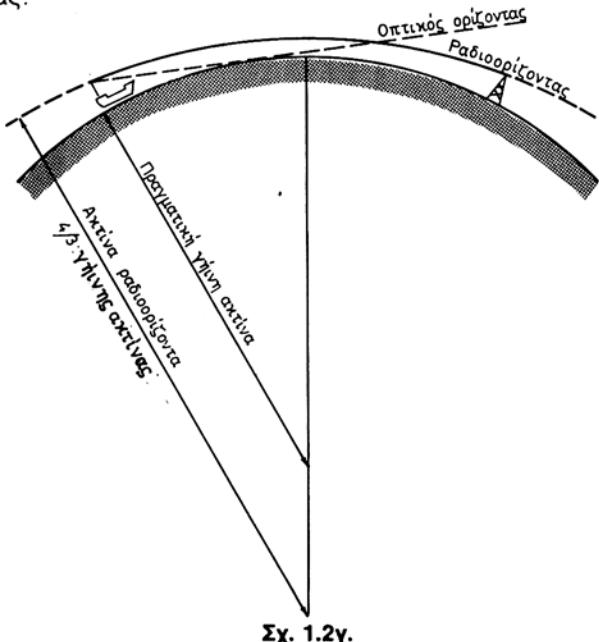
Χαρακτηριστικό παράδειγμα διαθλάσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων αποτελεί η διάθλαση που παρατηρείται όταν αυτά διασχίζουν την ακτογραμμή (επειδή ο δείκτης διαθλάσεώς τους έχει διαφορετική τιμή για ατμόσφαιρα που βρίσκεται επάνω από ξηρά και θάλασσα). Το φαινόμενο αυτό, που λέγεται **παράκτια διάθλαση**, ορίσμένες φορές δημιουργεί σημαντικά σφάλματα σε ορισμένα ραδιοναυτιλιακά βιοθήματα, αλλά μηδενίζεται, όταν η διεύθυνση διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι κάθετη προς την ακτογραμμή (§ 2.3.3, σχήμα 2.3δ, για την επίδραση της παράκτιας διαθλάσεως στην ακρίβεια του ραδιογωνιομέτρου).

#### γ) Περιθλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (σχ. 1.2δ).

Όταν κατά τη διάδοσή τους τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα συναντήσουν κάποιο εμπόδιο, ανακλώνται ή απορροφούνται και επομένως πίσω από το εμπόδιο δημιουργείται ένας τομέας σκιάς, στον οποίο δεν φθάνουν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Εν τούτοις, λόγω του φαινομένου της περιθλάσεως (diffraction) των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, στον τομέα σκιάς διαδίδονται οι δευ-

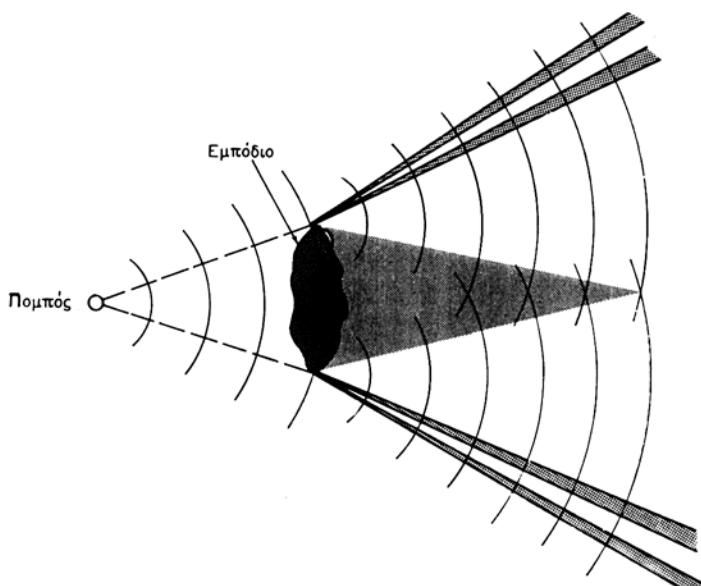
τερεύουσες ακτίνες του κύματος, που προέρχονται κυρίως από τα ακρα του εμποδίου, αλλά και από άλλα σημεία του διαδιδόμενου κύματος (αρχή του Huygens) (σχ. 1.2δ).

Η περίθλαση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι αντιστρόφως ανάλογη της συχνότητας.



Σχ. 1.2γ.

Τροποσφαιρική διάθλαση ραδιοκυμάτων VHF έως SHF.



Σχ. 1.2δ.

Περίθλαση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

### 1.3 Ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από το μέσο στο οποίο διαδίδεται το κύμα. Η μεγαλύτερη τιμή της παρατηρείται κατά τη διάδοσή τους στο κενό και ισούται με:

$$c_0 = 299712458 \text{ m/sec} \quad (1.10)$$

Στην πράξη η ακριβής τιμή της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα υπολογίζεται έμμεσα από την εξίσωση (1.7) με προσδιορισμό της τιμής της παραμέτρου  $\mu$  ή  $N$ , που προσδιορίζεται με μετρήσεις της πιέσεως, της θερμοκρασίας και της υγρασίας της ατμόσφαιρας.

Ο πίνακας 1.3.1 περιέχει αντιπροσωπευτικές τιμές της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων επάνω από διάφορα είδη εδάφους.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3.1**

**Τιμές ταχύτητας διαδόσεως ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων επάνω από διάφορα είδη εδάφους**

Μέσο διαδόσεως	Ταχύτητα (km/sec)
Επάνω από:	
Κενό	299 792
Θαλάσσιο νερό	299 350 - 299 670
Γλυκό νερό	299 250 - 299 350
Καλλιεργήσιμη γη	299 400
Ξερό αμμώδες έδαφος	298 900
Ορεινό ή θραχώδες έδαφος	298 800

### 1.4 Εξασθένιση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατά τη διάδοσή τους στο χώρο κατανέμονται σε σφαιρική επιφάνεια με κέντρο την κεραία εκπομπής και για το λόγο αυτό η έντασή τους υφίσταται μια εξασθένιση (attenuation) αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της αποστάσεως από την κεραία εκπομπής (σχ. 1.4a).

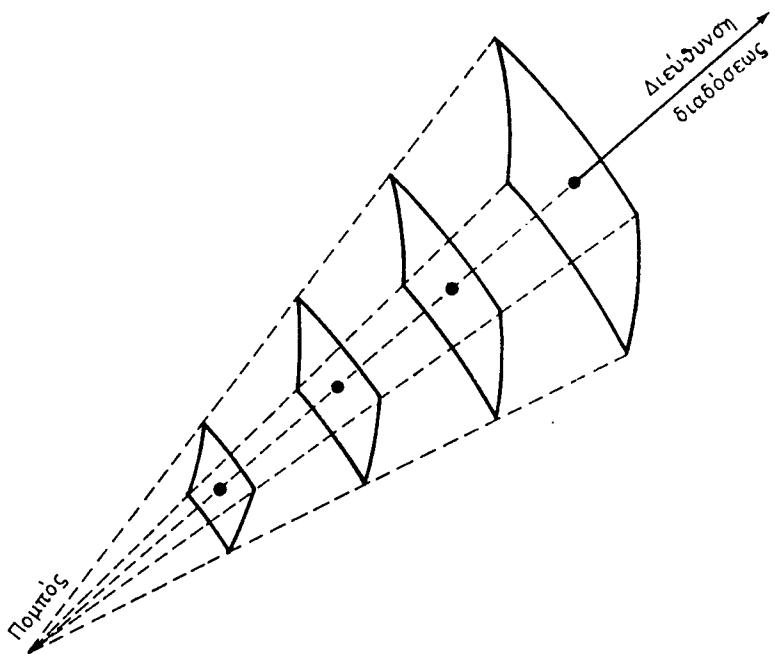
Εκτός από την παραπάνω εξασθένιση, παρατηρείται και εξασθένιση που οφείλεται στην απορρόφηση (absorption) των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων λόγω της αγωγιμότητας της γήινης επιφάνειας.

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατά τη διάδοσή τους επάνω από την επιφάνεια της γης εισχωρούν στο έδαφος (ή το νερό) και απορροφούνται ανάλογα με την αγωγιμότητα του υλικού επάνω από το οποίο διαδίδονται (σχ. 1.4b). Ως γενική αρχή ισχύει ότι:

α) Σε ένα κακό αγωγό δημιουργείται μεγαλύτερη απορρόφηση από ότι σε ένα καλό αγωγό.

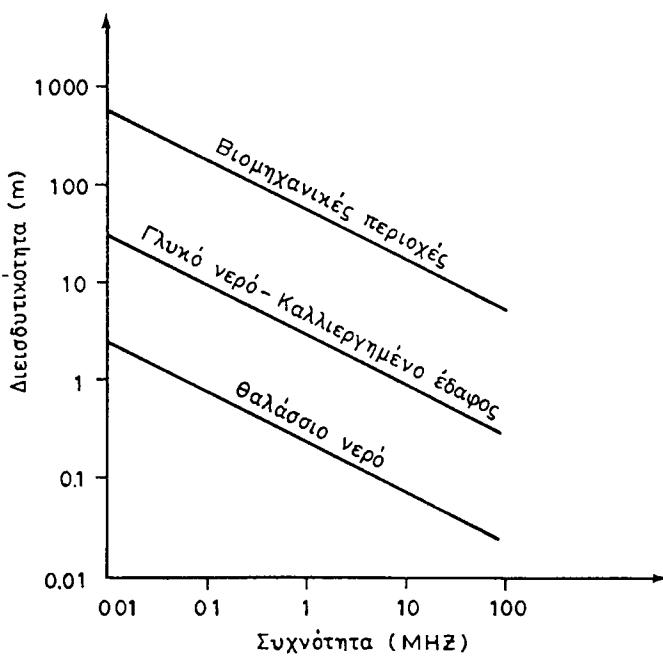
β) Όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος, τόσο μικρότερη απορρόφηση ενέργειας παρατηρείται.

Στον πίνακα 1.4.1 παρατίθενται, κατά σειρά αυξανόμενης αγωγιμότητας, διάφορες κατηγορίες γήινης επιφάνειας:



Σχ. 1.4α.

Εξασθένιση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων λόγω σφαιρικής διαδόσεως.



Σχ. 1.4β.

Απορρόφηση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε διάφορα είδη εδάφους.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4.1

**Μεταβολή της αγωγιμότητας της ατμόσφαιρας ανάλογα με την κατηγορία  
της γήινης επιφάνειας**

Βιομηχανικές περιοχές	Χαμηλή αγωγιμότητα (μεγάλη απορρόφηση)
Βραχώδες έδαφος	
Ξερή άμμος	
Καλλιεργημένο έδαφος	
Υγρό έδαφος	
Γλυκό νερό	
Θαλάσσιο νερό	Υψηλή αγωγιμότητα (μικρή απορρόφηση)

#### 1.5 Διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ιονόσφαιρα.

Η σημασία της ιονόσφαιρας στη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι καθοριστική, γιατί χωρίς την επίδρασή της πολλά ηλεκτρομαγνητικά κύματα, που εκπέμπονται από ένα σημείο της γης, αντί να φθάσουν (διαθλώμενα ή ανακλώμενα) σε κάποιο άλλο σημείο της γήινης επιφάνειας, θα διέφευγαν προς το διάστημα.

Η ιονόσφαιρα αποτελεί το στρώμα της ατμόσφαιρας, ύψους μεταξύ 50 και 500 km περίπου, που έχει μία μεγάλη περιεκτικότητα σε ίόντα (σχ. 1.5a). Τα ίόντα αυτά δημιουργούνται από την υπεριώδη ακτινοβολία του ηλίου και για το λόγο αυτό ο ιονισμός της ατμόσφαιρας είναι περισσότερο έντονος στα μεγάλα ύψη. Η ιονόσφαιρα υφίσταται ορισμένες διακυμάνσεις, που οφεύλονται στη διαφορετική ένταση της υπεριώδους ακτινοβολίας του ηλίου σε διάφορους χρόνους. Οι κυριότερες από τις διακυμάνσεις αυτές είναι:

- Ήμερήσια διακύμανση (ημέρα - νύκτα).
- Εποχιακή διακύμανση (καλοκαίρι - χειμώνας).
- Διακύμανση που ακολουθεί τον (ανά 11,3 έτη) κύκλο των ηλιακών κηλίδων.
- Μεταβολές που ακολουθούν τις μαγνητικές καταιγίδες.

Η ιονόσφαιρα αποτελείται από τέσσερα ξεχωριστά ιονοσφαιρικά στρώματα (σχ. 1.5a), που είναι τα εξής:

a) **To ιονοσφαιρικό στρώμα D**, που δημιουργείται σε ύψος 55 - 110 km περίπου μόνο στη διάρκεια της ημέρας, με μέγιστη ένταση τις πρώτες μεταμεσημερινές ώρες. Το ιονοσφαιρικό στρώμα D στη διάρκεια της ημέρας απορροφά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα υψηλών και μεσαίων συχνοτήτων (HF και MF) και ανακλά τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα χαμηλών και πολύ χαμηλών συχνοτήτων (LF και VLF).

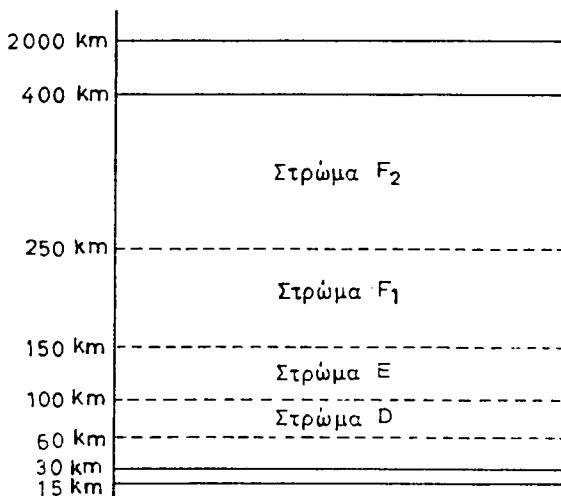
b) **To ιονοσφαιρικό στρώμα E** παρατηρείται σε ύψος 110 - 165 km περίπου στη διάρκεια ημέρας και νύχτας, έχει μεγαλύτερη ένταση από το στρώμα D και για το λόγο αυτό δημιουργεί διάθλαση και των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μεσαίων συχνοτήτων. Εν τούτοις, λόγω της απορροφήσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων μεσαίων συχνοτήτων από το στρώμα D στη διάρκεια της ημέρας, ο σχηματισμός ουρανίων κυμάτων μεσαίων συχνοτήτων είναι δυνατός μόνο κατά τη νύχτα. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα χαμηλών συχνοτήτων ανακλώνται στη

διάρκεια της νύχτας από το στρώμα E και την ημέρα από το στρώμα D. Ορισμένες φορές, στη διάρκεια της νύχτας, είναι δυνατό το ιονοσφαιρικό στρώμα E να εξασθενίσει τόσο πολύ, ώστε πρακτικά να θεωρείται ότι εξαφανίσθηκε.

γ) **To ιονοσφαιρικό στρώμα F<sub>1</sub>**, σχηματίζεται την ημέρα σε ύψος 165 - 220 km περίπου. Το στρώμα αυτό έχει πολύ μεγάλη ένταση και μπορεί να διαθλάσει τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα υψηλών συχνοτήτων (HF), αρκεί αυτά να μην έχουν απορροφηθεί από τα στρώματα D και E (φαινόμενο, που είναι πιθανό να συμβεί μόνο στη διάρκεια της νύκτας, όταν δεν υπάρχει στρώμα D και πιθανότατα έχει εξαφανισθεί και το στρώμα E).

δ) **To ιονοσφαιρικό στρώμα F<sub>2</sub>** σχηματίζεται την ημέρα σε ύψος 220 - 360km περίπου. Το στρώμα αυτό έχει το μεγαλύτερο ιονισμό και μπορεί να ανακλάσει ακόμα και ηλεκτρομαγνητικά κύματα υψηλών συχνοτήτων (HF), αρκεί αυτά να μην έχουν απορροφηθεί από τα στρώματα D και E (φαινόμενο, που είναι πιθανό να συμβεί μόνο στη διάρκεια της νύκτας, όταν δεν υπάρχει στρώμα D και πιθανότατα έχει εξαφανισθεί και το στρώμα E).

Στη διάρκεια της νύχτας τα ιονοσφαιρικά στρώματα F<sub>1</sub>, και F<sub>2</sub> δημιουργούν ένα ενιαίο στρώμα που λέγεται F.



**Σχ. 1.5α.**

Υψος σχηματισμού ιονικών στρωμάτων.

Σε κάθε ιονοσφαιρικό στρώμα παρατηρείται μια αύξηση του ιονισμού σε συνάρτηση με το ύψος, ο οποίος λαμβάνει μια μέγιστη τιμή και στη συνέχεια ελαττώνεται (σχ. 1.5β).

Η αντίστοιχη μεταβολή του συντελεστή διαθλάσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων γίνεται ως εξής: Αρχικά ελαττώνεται μέχρι μια ελάχιστη τιμή και στη συνέχεια αυξάνεται. Ανάλογα με τη γωνία προσπτώσεώς τους στο ιονοσφαιρικό στρώμα, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαθλώνται και ακολουθούν διαδρομές ανάλογες με αυτές του σχήματος 1.26. Εν τούτοις, επειδή ο συντελεστής διαθλάσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων εξαρτάται από τη συχνότητά τους, οι διαδρομές των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα διαφέ-

ρουν ανάλογα με τη συχνότητα. Αν η συχνότητα του ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι πολύ χαμηλή, ανεξάρτητα από τη γωνία προσπτώσεως στο ιονοσφαιρικό στρώμα (ακόμη και αν αυτή είναι μηδέν), το ηλεκτρομαγνητικό κύμα, λόγω της μεγάλης του διαθλάσεως επιστρέφει πίσω, προς την επιφάνεια της γης (δηλαδή το ηλεκτρομαγνητικό κύμα ανακλάται στην ιονόσφαιρα). Η μέγιστη συχνότητα, για την οποία παρατηρείται επιστροφή στο έδαφος ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος, που εκπέμπεται κατακόρυφα προς ένα ιονοσφαιρικό στρώμα, λέγεται **κρίσιμη συχνότητα** του συγκεκριμένου ιονοσφαιρικού στρώματος. Η κρίσιμη συχνότητα εξαρτάται από το βαθμό ιονισμού του στρώματος.

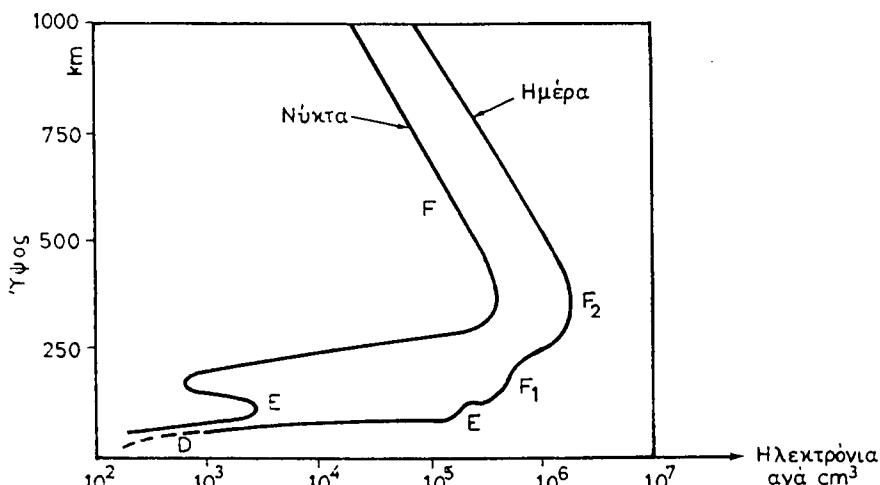
Στο σχήμα 1.5γ φαίνονται οι κρίσιμες συχνότητες για τα στρώματα  $E$ ,  $F_1$  και  $F_2$  για μια χειμωνιάτικη ημέρα.

Για την πληρέστερη κατανόηση της σημασίας της ιονόσφαιρας στη διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, ας εξετάσουμε τις εξής περιπτώσεις διαδόσεως:

α) Όταν η συχνότητα εκπομπής είναι χαμηλότερη από την κρίσιμη συχνότητα του ιονοσφαιρικού στρώματος, όλα τα εκπεμπόμενα κύματα επιστρέφουν στην επιφάνεια της γης ανεξάρτητα από τη γωνία προσπτώσεώς τους στο ιονοσφαιρικό στρώμα (σχ. 1.5δ).

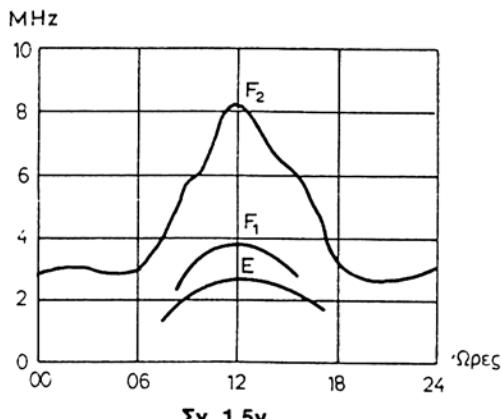
β) Όταν η συχνότητα εκπομπής είναι υψηλότερη από την κρίσιμη συχνότητα του ιονοσφαιρικού στρώματος, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα, που διαδίδονται προς την ιονόσφαιρα, κάμπτονται και επιστρέφουν προς την επιφάνεια της γης, εφ' όσον η γωνία προσπτώσεώς τους στο ιονοσφαιρικό στρώμα είναι μεγαλύτερη από κάποια τιμή που λέγεται κριτική γωνία.

Απόσταση αναπηδήσεως (skip distance) λέγεται η επί της επιφάνειας της γης απόσταση μεταξύ της κεραίας εκπομπής και του πλησιέστερου σε αυτήν σημείου της γήινης επιφάνειας, που λαμβάνεται ουράνιο κύμα (σχ. 1.5ε). Εάν η εμβέλεια του κύματος εδάφους είναι μικρότερη από την απόσταση αναπηδήσεως, τότε η ενδιάμεση περιοχή αποτελεί τη ζώνη σιγής (skip zone).



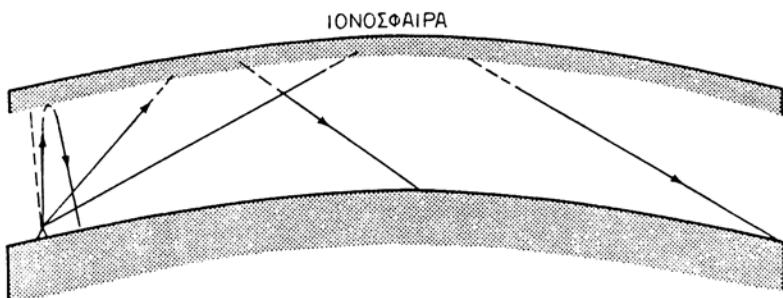
Σχ. 1.56.

Πυκνότητα ιονισμού των ιονοσφαιρικών στρωμάτων.



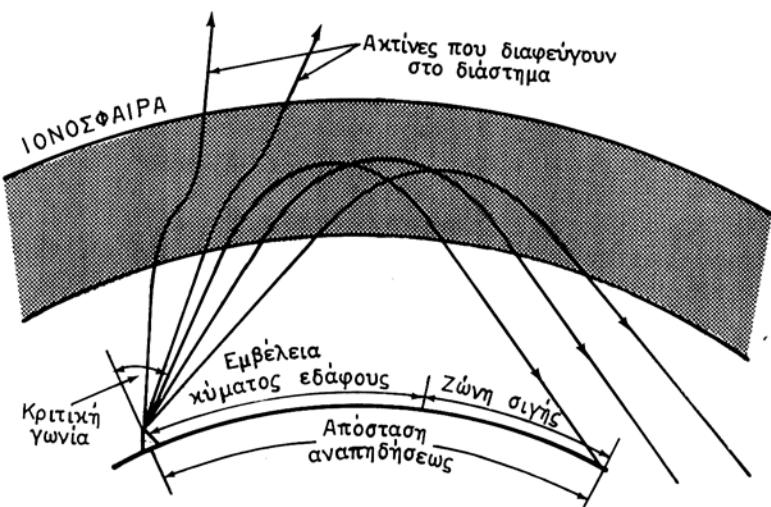
$\Sigma x. 1.5y.$

Κρίσιμες συχνότητες των ιονοσφαιρικών στρωμάτων σε διάφορες ώρες της ημέρας.



$\Sigma x. 1.5\delta.$

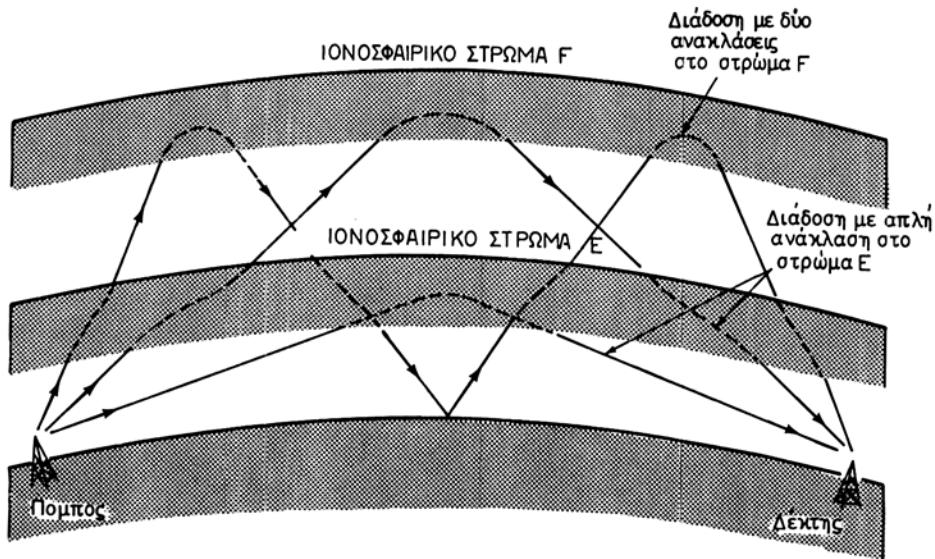
Διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων δύναται να συντηθεί εκπομπής είναι μικρότερη από την κρίσιμη συχνότητα.



$\Sigma x, 1.5\epsilon,$

Διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων όταν η συχνότητα εκπομπής είναι μεγαλύτερη από την κρίσιμη συχνότητα.

Ένα εκπεμπόμενο από κάποιο σημείο της γης ηλεκτρομαγνητικό κύμα, είναι δυνατό να φθάσει σε ορισμένα σημεία της γήινης επιφάνειας μετά από απλή ή πολλαπλή ανάκλαση σε ένα ή περισσότερα ιονοσφαιρικά στρώματα (σχ. 1.5<sup>1</sup>).



Σχ. 1.5στ.

Διάδοση ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων με ανακλάσεις στα διάφορα ιονοσφαιρικά στρώματα.

## 1.6 Διάδοση των ραδιοκυμάτων ανάλογα με τη συχνότητα.

### 1.6.1 Πολύ χαμηλές συχνότητες (VLF: 10 kHz - 30 kHz).

Τα ραδιοκύματα των πολύ χαμηλών συχνοτήτων (από 10 kHz μέχρι 30 kHz), διαδίδονται στο στρώμα της ατμόσφαιρας που περιέχεται μεταξύ της γήινης επιφάνειας και της ιονόσφαιρας. Τα κύματα αυτά συνήθως διαδίδονται με τη μορφή κύματος επιφάνειας σε πολύ μεγάλες αποστάσεις που φθάνουν τα 8000 μίλια. Τα ουράνια κύματα VLF προέρχονται από ανάκλαση στο κάτω στρώμα της ιονόσφαιρας κατά την οποία δεν υφίστανται σημαντική απώλεια ενέργειας, ενώ κατά την αμέσως μετά ανάκλασή τους στη γήινη επιφάνεια, ιδιαίτερα στην ξηρά, υφίστανται σημαντική απορρόφηση.

Στα ραδιοκύματα VLF παρατηρείται έντονα το φαινόμενο της περιθλάσεως. Τα κύματα αυτά έχουν την ιδιότητα να διεισδύουν στην επιφάνεια της γης (ξηρά και θάλασσα) και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση σημάτων σε υποθρύχια που βρίσκονται σε κατάδυση.

Για την καλύτερη διάδοση των ραδιοκυμάτων VLF απαιτούνται κεραίες τεραστίων διαστάσεων της τάξεως του μισού του μήκους κύματος<sup>(1)</sup>. Στην πραγματικότητα όμως χρησιμοποιούνται κεραίες μικροτέρων διαστάσεων από αυτές που απαιτούνται κανονικά, με αποτέλεσμα οι εκπομπές να γίνονται με μεγάλη απώλεια ισχύος.

Από τα ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα, στις συχνότητες VLF λειτουργεί το υπερβολικό σύστημα προσδιορισμού στίγματος OMEGA, κατά την εξέταση του οποίου (κεφ. 5) θα αναπτυχθούν και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της διαδόσεως των ραδιοκυμάτων VLF.

### **1.6.2 Χαμηλές συχνότητες (LF: 30 - 300 kHz).**

Τα ραδιοκύματα των χαμηλών συχνοτήτων LF (30 έως 300 kHz) κατά τη διάδοσή τους στην ατμόσφαιρα υφίστανται μεγαλύτερες απώλειες από τα κύματα VLF, το φαινόμενο της περιθλάσσεως είναι λιγότερο έντονο και η ανάκλασή τους στην ιονόσφαιρα συνοδεύεται από μεγαλύτερες απώλειες.

Τα ραδιοκύματα LF διαδίδονται τόσο με κύματα εδάφους όσο και με ουράνια κύματα. Η εμβέλεια των κυμάτων εδάφους φθάνει τα 1000 περίπου χιλιόμετρα, ενώ τα ουράνια κύματα διαδίδονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις μέσω διαδοχικών ανακλάσεων στην ιονόσφαιρα και την επιφάνεια της γης (σχ. 1.5στ.).

Στην περίπτωση της διαδόσεως με διαδοχικές ανακλάσεις στην ιονόσφαιρα και τη γήινη επιφάνεια παρατηρούνται μεγάλες απώλειες σε κάθε μία ανάκλαση στη γήινη επιφάνεια και σημαντικές στις αντίστοιχες ανακλάσεις στην ιονόσφαιρα.

Ευοϊκότερες συνθήκες διαδόσεως των ραδιοκυμάτων LF παρατηρούνται στη διάρκεια του χειμώνα, από αυτές του καλοκαιριού. Επίσης κατά τη διεύθυνση των μεσημερινών παρατηρούνται ευοϊκότερες συνθήκες διαδόσεως, απ' ότι κατά τη διεύθυνση των παραλήλων. Τα κυριότερα ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα που λειτουργούν σε συχνότητες LF είναι το ραδιογνωσίμετρο (κεφ. 2), το LORAN - C (κεφ. 4) και το DECCA (κεφ. 6).

Για την επίτευξη ακρίβειας στίγματος μεγαλύτερης από μισό μίλι, πρέπει να χρησιμοποιούνται κύματα εδάφους. Η χρησιμοποίηση ουρανίων κυμάτων μιας ανακλάσεως στην ιονόσφαιρα δίνει στίγμα μικρότερης μεν ακρίβειας από αυτήν των κυμάτων εδάφους, αλλά μέσα στα παραδεκτά όρια της ναυτιλίας.

### **1.6.3 Μεσαίες συχνότητες (MF: 300 kHz - 3 MHz).**

Τα ραδιοκύματα αυτά διαδίδονται τόσο με κύματα εδάφους, όσο και με ουράνια κύματα. Κατά τη διάρκεια της ημέρας τα ραδιοκύματα μεσαίων συχνοτήτων διαδίδονται σχεδόν αποκλειστικά με κύματα εδάφους, γιατί τα ουράνια κύματα απορροφούνται από το ιονοσφαιρικό στρώμα D.

Διάδοση με ουράνια κύματα κατά τη διάρκεια της ημέρας παρατηρείται μόνο στο κάτω όριο της ζώνης των μεσαίων συχνοτήτων MF. Η απορρόφηση των ραδιοκυμάτων MF από την ιονόσφαιρα αυξάνει με την αύξηση της συχνότητας και γίνεται μέγιστη στη συχνότητα των 1400 kHz.

---

(1) Τα μήκη κύματος που αντιστοιχούν στις συχνότητες 30 kHz και 10 kHz είναι 10 km και 30 km αντίστοιχα. Για την καλύτερη εκπομπή αυτών των συχνοτήτων απαιτούνται κατάκόρυφες κεραίες ύψους 5 km και 15 km αντίστοιχα, που όμως δεν είναι πρακτικά δυνατόν να κατασκευασθούν. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται κεραίες μικροτέρων διαστάσεων, με αποτέλεσμα οι εκπομπές να γίνονται με μεγάλη απώλεια ισχύος.

Η εμβέλεια των κυμάτων εδάφους για εκπομπή από πομπό ισχύος 1 kWatt είναι 400 περίπου ν. μίλια για το κάτω τμήμα της ζώνης των μεσαίων συχνοτήτων και 15 περίπου ν. μίλια για το πάνω τμήμα της ζώνης αυτής.

Κατά τη διάρκεια της νύκτας τα ραδιοκύματα μεσαίων συχνοτήτων διαδίονται και με ουράνια κύματα, τα οποία με διαδοχικές ανακλάσεις στην ιονόσφαιρα και τη γήινη επιφάνεια μπορούν να διαδοθούν σε αποστάσεις μέχρι 8000 ν. μίλια. Τα ουράνια κύματα των μεσαίων συχνοτήτων λαμβάνονται σε αποστάσεις μεγαλύτερες από 500 περίπου ν. μίλια από το σταθμό εκπομπής.

Στις συχνότητες MF λειτουργούν λίγα μόνο ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα, που προορίζονται για ειδικές χρήσεις (υδρογραφήσεις, επιχειρήσεις ναρκοθετήσεως - ναρκοθηρίας κλπ.) και για το λόγο αυτό δεν εξετάζονται στο βιβλίο αυτό. Επίσης ορισμένοι ραδιοφάροι (βλ. κεφ. 2) λειτουργούν σε συχνότητες κοντά στο κάτω όριο της ζώνης συχνοτήτων MF.

#### **1.6.4 Υψηλές συχνότητες (HF: 3 MHz - 30 MHz).**

Όσο αυξάνει η συχνότητα, τα ραδιοκύματα υφίστανται μικρότερη διάθλαση και η διάδοσή τους τείνει να γίνει ευθύγραμμη. Στην περίπτωση των ραδιοκυμάτων υψηλών συχνοτήτων HF (3 MHz - 30 MHz) η εμβέλεια των κυμάτων εδάφους φθάνει τα 100 περίπου ν. μίλια (αυξανόμενη με το υψόμετρο της κεραίας εκπομπής), ενώ τα ουράνια κύματα διαδίονται με διαδοχικές ανακλάσεις σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις.

Οι υψηλές συχνότητες χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για τις επικοινωνίες μεταξύ πλοίων και πλοίων - σταθμών ξηράς.

#### **1.6.5 Πολύ υψηλές συχνότητες (VHF: 30 MHz - 300 MHz).**

Τα ραδιοκύματα πολύ υψηλών συχνοτήτων (30 MHz - 300 MHz), που λέγονται και υπερθραχέα κύματα, διαδίονται σχεδόν ευθύγραμμα και η εμβέλεια τους είναι περίπου 34% μεγαλύτερη από τον οπτικό ορίζοντα. Ουράνια κύματα πολύ υψηλών συχνοτήτων εμφανίζονται σπάνια, γιατί συνήθως διασχίζουν την ιονόσφαιρα χωρίς ανάκλαση.

Οι πολύ υψηλές συχνότητες VHF χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στις τηλεπικοινωνίες. Στις συχνότητες αυτές λειτουργούν ορισμένα ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα που χρησιμοποιούνται στην αεροναυτιλία.

#### **1.6.6 Υπερυψηλές συχνότητες (UHF: 300 MHz - 3 GHz) και εξαιρετικά υψηλές συχνότητες (SHF: 3 GHz - 30 GHz).**

Τα ραδιοκύματα των υπερυψηλών συχνοτήτων UHF (300 MHz - 3000 MHz) και των εξαιρετικά υψηλών συχνοτήτων SHF (3 GHz - 30 GHz), που λέγονται μικροκύματα, διαδίονται μόνο με κύμα ευθύγραμμης διαδόσεως ή κύμα ανακλάσεως από τη γήινη επιφάνεια. Τα μικροκύματα διασχίζουν την ιονόσφαιρα και κατευθύνονται προς το διάστημα ανεξάρτητα από τη γωνία προσπτώσεως.

Η εμβέλεια των μικροκυμάτων επηρεάζεται από τα ύψη των κεραιών εκπομπής και λήψεως (σχ. 1.6) και δίνεται από τις σχέσεις (1.9) και (1.10).

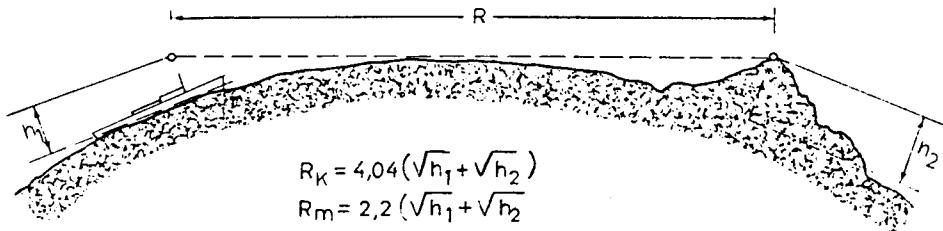
$$R_k = 4,04 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad (1.11)$$

$$R_m = 2,2 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad (1.12)$$

όπου:  $R_k$  και  $R_m$  η εμβέλεια των μικροκυμάτων σε km και μίλια αντίστοιχα.

$h_1$  και  $h_2$  τα ύψη των κεραιών εκπομπής και λήψεως.

Τα μικροκύματα χρησιμοποιούνται από τους διάφορους τύπους ραντάρ και από διάφορα κυκλικά συστήματα προσδιορισμού στίγματος τα οποία, λόγω του ότι χρησιμοποιούνται για ειδικές μόνο εφαρμογές (θλ. εισαγωγή), δεν αναπτύσσονται στο βιβλίο αυτό.



**Σχ. 1.6.**  
Εμβέλεια μικροκυμάτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

#### 2.1 Συστήματα συντεταγμένων που χρησιμοποιούνται στην κλασική και ηλεκτρονική ναυτιλία.

Για την κάλυψη των αναγκών της κλασικής ναυτιλίας ο ναυτιλλόμενος προσδιορίζει την εκάστοτε θέση του σκάφους του στην επιφάνεια της γης με το γεωγραφικό πλάτος και μήκος (φ,λ) που αντιστοιχούν σε μία σφαιρική γήινη επιφάνεια.

Η προσέγγιση του πραγματικού σχήματος της επιφάνειας της γης με την επιφάνεια μιας σφαίρας, αντί της ακριβέστερης προσεγγίσεως της με την επιφάνεια ενός ελλειψοειδούς εκ περιστροφής, παρέχει για τις ανάγκες της κλασικής ναυτιλίας το πλεονέκτημα της ευκολότερης επιλύσεως των κλασικών ναυτιλιακών προβλημάτων με ακρίβεια υπολογισμού του γεωγραφικού πλάτους και μήκους εντός των αναμενομένων ανοχών λόγω των σφαλμάτων στις μετρήσεις για τον προσδιορισμό του στίγματος (ακρίβεια μετρήσεως διοπτεύσεων, ύψους αστέρων, χρόνου κλπ).

Στην περίπτωση της ηλεκτρονικής ναυτιλίας, προκειμένου να επιτευχθεί πλήρης αξιοποίηση των δυνατοτήτων της μεγάλης ακρίβειας διαφόρων ηλεκτρονικών συστημάτων προσδιορισμού στίγματος η οποία φθάνει μέχρι 2-3 μέτρα, απαιτείται ο ακριβέστερος προσδιορισμός του γεωγραφικού πλάτους και μήκους (φ,λ) με την προσέγγιση της γήινης επιφάνειας με κάποιο ελλειψοειδές εκ περιστροφής.

Οι συντεταγμένες (φ,λ) που ορίζονται με τον ανωτέρω τρόπο (τη χρησιμοποίηση ελλειψοειδούς εκ περιστροφής αντί της σφαίρας) ονομάζονται γεωδαιτικές συντεταγμένες.

Ανάλογα με τον τρόπο χρησιμοποιήσεως του κατά περίπτωση ελλειψοειδούς εκ περιστροφής για την προσέγγιση της επιφάνειας της γης χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα γεωδαιτικών συντεταγμένων ή γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς (βλ. § 2.2) με αποτέλεσμα οι συντεταγμένες ενός σημείου της επιφάνειας της γης οι οποίες αναφέρονται σε ένα σύστημα να μη

συμπίπτουν με τις συντεταγμένες του ίδιου σημείου, όταν για τον καθορισμό τους χρησιμοποιήθει διαφορετικό σύστημα.

Εκ των ανωτέρω προκύπτει ότι για την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων μεγάλης ακριβείας ορισμένων ηλεκτρονικών συστημάτων προσδιορισμού στίγματος (ΗΣΠΣ), ο ναυτιλλόμενος πρέπει να εξασφαλίσει ότι το σύστημα συντεταγμένων το οποίο χρησιμοποιείται από το ΗΣΠΣ για τον προσδιορισμό του στίγματος, ταυτίζεται με το σύστημα συντεταγμένων του ναυτικού χάρτη που χρησιμοποιεί ο ναυτιλλόμενος. Η ταύτιση αυτή συνήθως γίνεται με τους επόμενους τρόπους:

- Χρησιμοποίηση της δυνατότητας όλων σχεδόν των συγχρόνων ηλεκτρονικών συστημάτων προσδιορισμού στίγματος να επιλέγει ο χρήστης το σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων που χρησιμοποιείται από το σύστημα για την παροχή των ενδείξεων του γεωγραφικού πλάτους και μήκους (φ,λ), ώστε να ταυτίζεται με το σύστημα συντεταγμένων του χάρτη που χρησιμοποιεί (ED-50, WGS-84 κλπ).
- Χρησιμοποίηση των διορθώσεων που υπάρχουν στις σημειώσεις όλων σχεδόν των συγχρόνων ναυτικών χαρτών για τη μετατροπή των συντεταγμένων του Παγκόσμιου Γεωδαιτικού Συστήματος (WGS-84) που κατά κανόνα χρησιμοποιείται από τα ηλεκτρονικά συστήματα προσδιορισμού στίγματος στο σύστημα συντεταγμένων του ναυτικού χάρτη. Οι σημειώσεις αυτές έχουν την κάτωθι μορφή:

### **ΣΤΙΓΜΑΤΑ ΑΠΟ ΔΟΡΥΦΟΡΟ**

Στίγματα που λαμβάνονται από συστήματα δορυφορικής ναυτιλίας αναφέρονται στο Πλαγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα και πρέπει για να τοποθετηθούν σ' αυτόν το χάρτη να μετατοπισθούν 0,06 πρώτα BOPEIA και 0,04 πρώτα ANATOLIKA.

Σημείωση για τη μετατροπή συντεταγμένων στο XEE 331/4

### **SATELLITE DERIVED POSITIONS**

Positions obtained from satellite navigation systems referred to the World Geodetic System (W.G.S) must be moved 0.06 minutes NORTHWARD and 0.04 minutes EASTWARD to agree with this chart.

### **SATELLITE DERIVED POSITIONS**

Positions obtained from satellite navigation systems, such as the global Positioning Systems (GPS), are normally referred to the World Geodetic System 1984 Datum. Such positions must be adjusted by 0.07 minutes NORTHWARD and 0.07 minutes EASTWARD before plotting on this chart.

Σημείωση για τη μετατροπή συντεταγμένων στο XBN 518

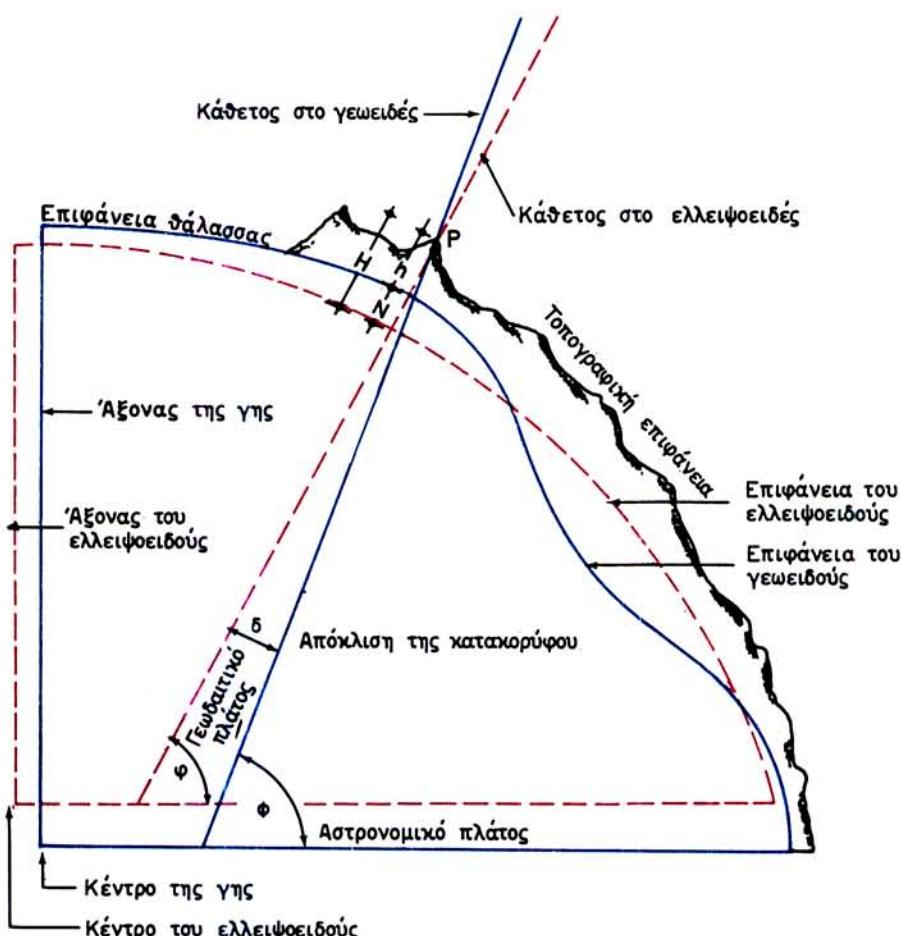
Στη συνέχεια του κεφαλαίου παρουσιάζονται τα κυριότερα συστήματα συντεταγμένων που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτρονική ναυτιλία, καθώς και μέθοδοι μετατροπής συντεταγμένων (φ,λ) από ένα σύστημα σε άλλο.

## 2.2 Γεωδαιτικές συντεταγμένες ( $\phi, \lambda, H$ ).

### 2.2.1 Ορισμός γεωδαιτικών συντεταγμένων ( $\phi, \lambda, H$ ).

Ο καθορισμός της θεσεως ενός σημείου της γήινης επιφάνειας γίνεται συνήθως με τη βοήθεια των τριών γεωδαιτικών του συντεταγμένων οι οποίες είναι το γεωδαιτικό του πλάτος ( $\phi$ ), το γεωδαιτικό μήκος ( $\lambda$ ) και το γεωδαιτικό ή γεωμετρικό ύψος ( $H$ ).

Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες ( $\phi, \lambda, H$ ) ενός σημείου  $P$  της γήινης επιφάνειας (σχ. 2.2a) καθορίζονται με τη βοήθεια ενός ελλειψοειδούς εκ περιστροφής, το οποίο χρησιμοποιείται για να προσεγγίσει καλύτερα τη γήινη επιφάνεια και λέγεται ελλειψοειδές αναφοράς.



Σχ. 2.2a.

Σχέση μεταξύ φυσικής επιφάνειας της γης, ελλειψοειδούς εκ περιστροφής και γεωειδούς.

Το γεωδαιτικό πλάτος φ ενός σημείου  $P$  της γήινης επιφάνειας είναι η γωνία, η οποία σχηματίζει με το επίπεδο του ισημερινού η διερχόμενη από το σημείο αυτό κάθετη στο ελλειψοειδές (σχ. 2.2α και 2.2β).

Το γεωδαιτικό μήκος λ ενός σημείου  $P$  της γήινης επιφάνειας είναι η γωνία, η οποία σχηματίζεται μεταξύ του επιπέδου του μεσημβρινού που διέρχεται από το εν λόγω σημείο και του επιπέδου του πρώτου μεσημβρινού που διέρχεται από το Greenwich (σχ. 2.2β).

Το γεωμετρικό ύψος  $H$  ενός σημείου  $P$  είναι ίσο με το άθροισμα του ορθομετρικού υψομέτρου  $h$  του σημείου αυτού επάνω από τη μέση επιφάνεια της θάλασσας (επιφάνεια γεωειδούς) και του υψομέτρου του γεωειδούς  $N$  (σχ. 2.2α).

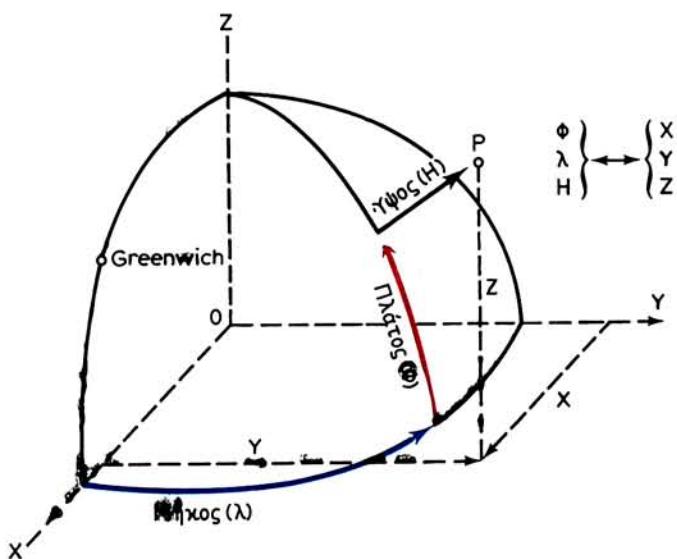
$$H = h + N \quad (2.1)$$

όπου: –  $h$  είναι το γεωμετρικό υψόμετρο του σημείου  $P$  (σχ. 2.2α)

–  $N$  είναι το ύψος του γεωειδούς [κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της επιφανείας του γεωειδούς και του ελλειψοειδούς (σχ. 2.2α)].

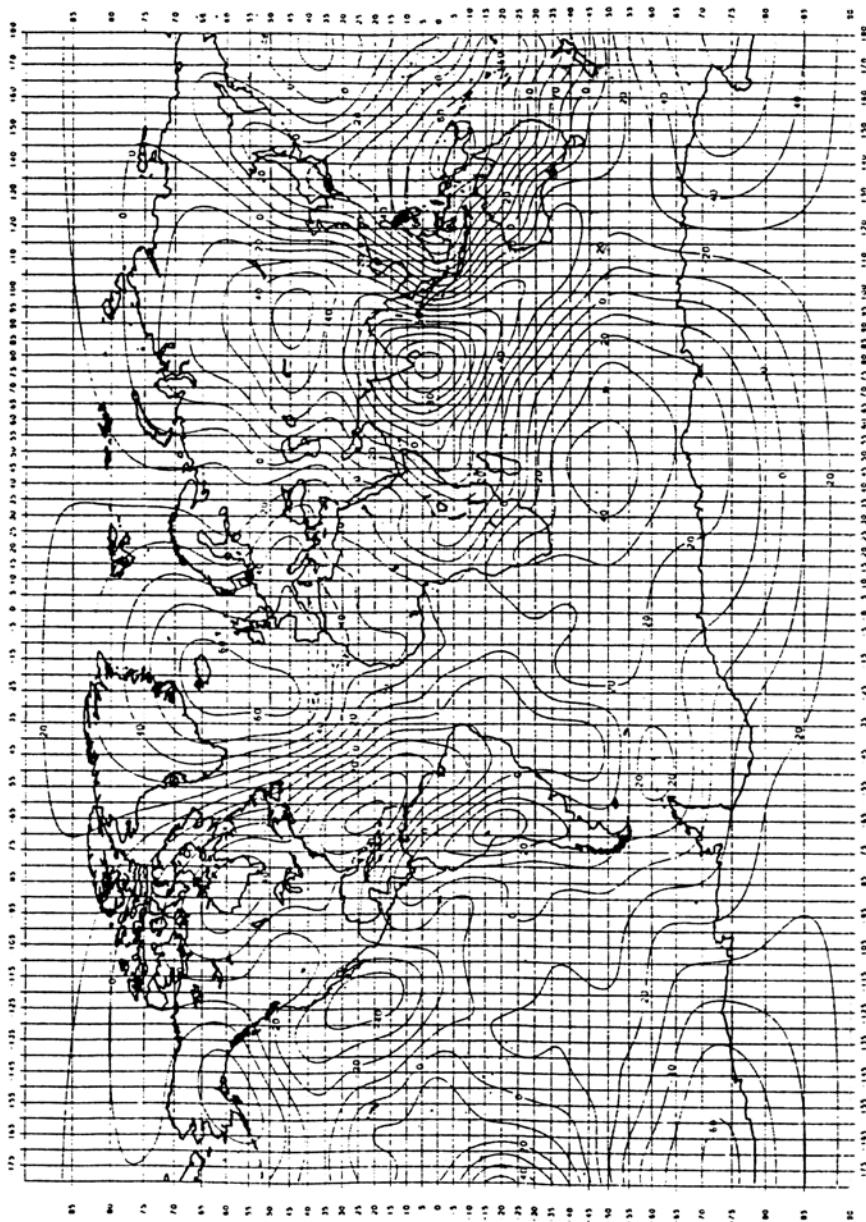
Το ύψος του γεωειδούς  $N$  είναι η κατακόρυφη απόσταση μεταξύ της επιφάνειας του γεωειδούς και του ελλειψοειδούς (σχ. 2.2α).

Γεωειδές λέγεται η επιφάνεια, η οποία θα προέκυπτε από την ελεύθερη επιφάνεια των υδάτων των ακεανών, αν αυτά κάλυπταν όλη την επιφάνεια της γης υπό την επίδραση της βαρύτητας και της αναπτυσσόμενης λόγω της



Σχ. 2.2β.

Γεωδαιτικές και καρτεσιανές συντεταγμένες ενός σημείου  $P$  της γήινης επιφάνειας.



Πλακόσημος χάρτης με υψόμετρα του γεωεδομικού (WGS 84).  
Σχ. 2.2γ.

περιστροφής της γης φυγοκέντρου δυνάμεως. Στην περίπτωση αυτή, αν η ένταση του πεδίου βαρύτητας της γης ήταν σταθερή, η επιφάνεια του γεωειδούς θα είχε τη μορφή ενός ελλειψοειδούς εκ περιστροφής.

Στην πραγματικότητα λόγω των μεταβολών της εντάσεως του γήινου πεδίου βαρύτητας, η επιφάνεια του γεωειδούς παρουσιάζει μικρές αποκλίσεις από τη μαθηματική επιφάνεια του ελλειψοειδούς εκ περιστροφής (σχ. 2.2a).

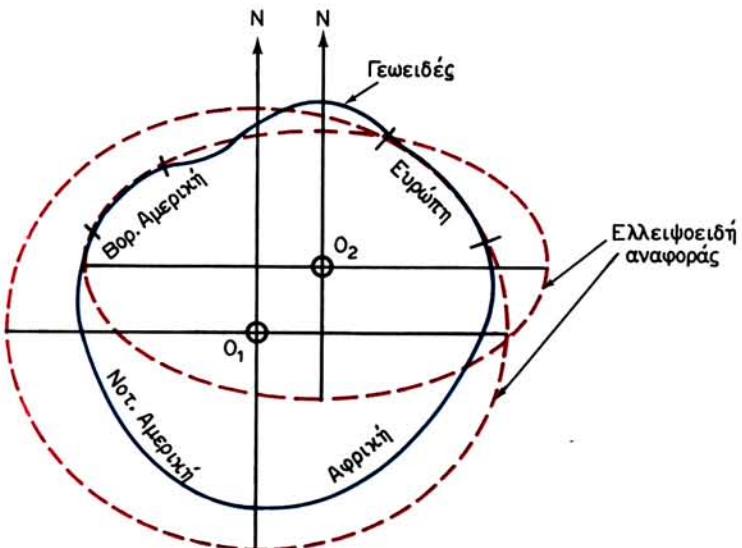
Τα ύψη του γεωειδούς σε διάφορα σημεία της γήινης επιφάνειας είναι δυνατό να έχουν θετικές, αρνητικές ή και μηδενικές τιμές (σχ. 2.2g).

### 2.2.2 Καθορισμός ενός συστήματος γεωδαιτικών συντεταγμένων ( $\phi, \lambda, H$ ).

Οι γεωδαιτικές συντεταγμένες ( $\phi, \lambda, H$ ) ενός σημείου της γήινης επιφάνειας επηρεάζονται από τις διαστάσεις και τη θέση του ελλειψοειδούς εκ περιστροφής το οποίο χρησιμοποιείται για την προσέγγιση της γήινης επιφάνειας (σχ. 2.2d).

Για κάθε περιοχή της γήινης επιφάνειας χρησιμοποιείται κάποιο ελλειψοειδές εκ περιστροφής με συγκεκριμένες διαστάσεις, το οποίο, όταν τοποθετηθεί στην κατάληξη θέσης, μπορεί να θεωρηθεί ότι συμπίπτει με την επιφάνεια του γεωειδούς (σχ. 2.2d).

Όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2d, για την προσέγγιση της επιφάνειας του γεωειδούς στην περιοχή της Ευρώπης χρησιμοποιείται το ελλειψοειδές εκ περιστροφής το οποίο έχει κέντρο το σημείο  $O_1$ , ενώ για την προσέγγιση της



Σχ. 2.2d.

Προσέγγιση της επιφάνειας του γεωειδούς με διάφορα ελλειψοειδή αναφοράς.

επιφάνειας του γεωειδούς στην περιοχή της Βορείου Αμερικής χρησιμοποιείται το ελλειψοειδές εκ περιστροφής το οποίο έχει κέντρο το σημείο O<sub>2</sub>. Σε κάθε μία από αυτές τις περιπτώσεις έχομε δημιουργήσει ένα διαφορετικό σύστημα γεωδαιτικών συντεταγμένων (φ,λ,Η). Για τον καθορισμό ενός συστήματος γεωδαιτικών συντεταγμένων (φ,λ,Η), το οποίο λέγεται και γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (geodetic datum) απαιτείται, εκτός από το χρησιμοποιούμενο ελλειψοειδές αναφοράς και ο προσανατολισμός του καθώς και ο καθορισμός του κέντρου αναφοράς του.

Ο προσανατολισμός του ελλειψοειδούς αναφοράς γίνεται με την τοποθέτησή του σε τέτοια θέση, ώστε ο μικρός του ημιάξονας να είναι παράλληλος προς τον άξονα περιστροφής της γης. Ο καθορισμός του κέντρου του ελλειψοειδούς συνήθως γίνεται με τη βοήθεια ενός αρχικού σημείου στο οποίο η επιφάνεια του γεωειδούς ταυτίζεται με την επιφάνεια του ελλειψοειδούς.

### **2.2.3 Τα κυριότερα συστήματα γεωδαιτικών συντεταγμένων.**

Τα κυριότερα συστήματα γεωδαιτικών συντεταγμένων τα οποία χρησιμοποιούνται σε διάφορες περιοχές της γης είναι:

- **Το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς της Ευρώπης του 1950 (European Datum 1950 "ED-50").** Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί το διεθνές ελλειψοειδές του 1924 και έχει αρχικό σημείο στο Potsdam της Γερμανίας. Το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς της Ευρώπης, το οποίο χρησιμοποιείται και στην Ελλάδα, δημιουργήθηκε το 1950 και συμπεριέλαβε πολλά τοπικά γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς. Το γεωδαιτικό σύστημα της Ευρώπης, συνδέθηκε με τριγωνομετρικά δίκτυα τα οποία εκτείνονται από τη Σκανδιναυία μέχρι τη Νότια Αφρική και από τις δυτικές ακτές της Ευρώπης μέχρι των 840 ανατολικό μεσημβρινό.
- **Το γεωδαιτικό σύστημα της βορείου Αμερικής του 1927 (North American Datum 1927).** Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές του Clark του 1866 και έχει αρχικό σημείο στο Meades Ranch της πολιτείας του Kansas των ΗΠΑ και καλύπτει τις ΗΠΑ, τον Καναδά, το Μεξικό, τη Γροιλανδία και την Κεντρική Αμερική.
- **Το γεωδαιτικό σύστημα της Μεγάλης Βρετανίας (Ordnance Survey of Great Britain - 1936 Datum)** στηρίζεται στο ελλειψοειδές του Airy του 1849 και δεν έχει αρχικό σημείο, αλλά προέκυψε από τον καλύτερο προσανατολισμό του ελλειψοειδούς ο οποίος στηρίχτηκε σε 11 σταθερά σημεία.
- **Το γεωδαιτικό σύστημα των Ινδιών (Indian Datum)** χρησιμοποιεί το ελλειψοειδές του Everest και έχει αρχικό σημείο στο Kalianpur της Ινδίας. Το γεωδαιτικό σύστημα των Ινδιών χρησιμοποιείται στις Ινδίες και τις γειτονικές χώρες της Νοτιοανατολικής Ασίας. Το ελλειψοειδές του Everest, το οποίο χρησιμοποιείται στο σύστημα αυτό, υπολογίστηκε το 1830 και αποτελεί ένα από τα παλαιότερα ελλειψοειδή. Επειδή οι

διαστάσεις του ελειψοειδούς του Everest είναι πολύ μικρές το σύστημα των Ινδιών δεν είναι τόσο ικανοποιητικό όσο τα άλλα γεωδαιτικά συστήματα.

- **Το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα του 1972 - ΠΓΣ 72 (World Geodetic System 1972 - WGS 72)** καλύπτει όλη την υδρόγειο και χρησιμοποιεί ένα ελλειψοειδές του οποίου το κέντρο συμπίπτει με το κέντρο βαρύτητας της γης.
- **Το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα του 1984 - ΠΓΣ 84 (WGS 84)** στηρίζεται επίσης σε ελλειψοειδές του οποίου το κέντρο συμπίπτει με το κέντρο της γης, αλλά οι τιμές του προέκυψαν από νεότερα στοιχεία και είναι περισσότερο ακριβείς από τις τιμές του ελλειψοειδούς του WGS 72.

Ο πίνακας 2.2.1 περιέχει μερικά από τα χρησιμοποιούμενα περιφερειακά και παγκόσμια γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς και τις παραμέτρους των αντιστοίχων ελλειψοειδών.

### **ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2.1**

#### **Κυριότερα συστήματα γεωδαιτικών συντεταγμένων (Geodetic Datums)**

Γεωδαιτικό σύστημα	Ελλειψοειδές αναφοράς	Αρχικό σημείο
Ευρωπαϊκό European Datum	Διεθνές (Hayford) $a=63783888$ μέτρα $f=1/297$	Potsdam Γερμανίας
Βορείου Αμερικής 1927 (North American Datum 1927)	Clarke 1866 $a=6378206$ $f=1/295$	Meades Ranch της πολιτείας Kansas των ΗΠΑ
Ρωσικό (Pulkovo 42)	Krasovski 1938 $a=6378245$ $f=1/298,3$	Παρατηρητήριο του Pulkovo στο Lenigrad
Τόκυο (Tokyo Datum)	Bassel 1841 $a=6377397$ $f=1/299,2$	Παρατηρητήριο του Τόκυο
Ινδιών (Indian Datum)	Everest $a=6377276,4$ $f=1/300,80$	Kalianpur
Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα 1972-ΠΓΣ 72 (World Geodetic System 1972 - WGS 72)	$a=6378134,98$ $f=1/298,26$ $e^2 = 0,006694318$	Γεωκεντρικό
Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα 1984-ΠΓΣ 84 (World Geodetic System 1984 - WGS 84)	$a=6378137$ $f=1/298,26$	Γεωκεντρικό
BTS (Bureau Terrestrial System)	GRS $a=6378137$ $e^2=0,006694380$	Γεωκεντρικό

Για τον προσδιορισμό των στιγμάτων της ηλεκτρονικής ναυτιλίας χρησιμοποιείται συνήθως το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα WGS 84, το οποίο έχει το πλεονέκτημα, ότι δίνει ένα παγκόσμιο σύστημα αναφοράς το οποίο προσεγγίζει το γεωειδές στο σύνολό του καλύτερα από οποιοδήποτε άλλο τοπικό γεωδαιτικό σύστημα. Όμως η χρήση τοπικών γεωδαιτικών συστημάτων είναι πολλές φορές προτιμότερη, επειδή για την περιοχή του κάθε τοπικού γεωδαιτικού σύστημα προσεγγίζει το γεωειδές καλύτερα, από ότι το παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα στο σύνολό του.

#### 2.2.4 Καρτεσιανές γεωδαιτικές συντεταγμένες (X, Y, Z).

Η θέση ενός σημείου στην επιφάνεια της γης καθορίζεται, εκτός από τις γεωδαιτικές συντεταγμένες ( $\phi, \lambda, H$ ) (βλ. § 2.2.1) και με τις καρτεσιανές συντεταγμένες (X, Y, Z) οι οποίες στηρίζονται σε ένα τρισορθογώνιο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων X, Y, Z (σχ. 2.2β) το οποίο ορίζεται ως εξής:

- Η αρχή των αξόνων είναι το κέντρο μάζας της γης.
- Ο άξονας X έχει τη διεύθυνση που ορίζεται από την τομή των επιπέδων του Ισημερινού και του μεσημβρινού του Greenwich με θετική φορά προς το μήκος  $0^\circ$ .
- Ο άξονας των Z συμπίπτει με τον άξονα περιστροφής της γης με θετική φορά προς το Βόρειο πόλο.
- Ο άξονας των Y είναι κάθετος στους άξονες X και Z με θετική φορά προς τα ανατολικά μήκη.

Με τη χρησιμοποίηση του ανωτέρω καρτεσιανού συστήματος συντεταγμένων, προσδιορίζονται τόσο οι συντεταγμένες των δορυφόρων, όσο και οι αντίστοιχες του πλοίου οι οποίες στη συνέχεια μετατρέπονται σε γεωδαιτικές ( $\phi, \lambda, H$ ), σύμφωνα με τους επόμενους τύπους μετατροπής:

$$X = (R_N + H) \cos \phi \cos \lambda \quad (2.2)$$

$$Y = (R_N + H) \cos \phi \sin \lambda \quad (2.3)$$

$$Z = (R_N e^2 + H) \sin \phi \quad (2.4)$$

$$\tan \phi = \frac{(R_N + H)Z}{[R_N(1 - e^2) + H](X^2 + Y^2)^{1/2}} \quad (2.5)$$

$$\tan \lambda = \frac{Y}{X} \quad (2.6)$$

$$H = \frac{Z}{\sin \phi} R_N (1 - e^2) \quad (2.7)$$

$$R_N = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{1/2}} \quad (2.8)$$

- α είναι ο μεγάλος ημιάξονας του χρησιμοποιούμενου ελλειψοειδούς.
- Η είναι το γεωδαιτικό ύψος το οποίο δίνεται από τη σχέση (2.7) και
- ε η πρώτη εκκεντρότητα του χρησιμοποιούμενου ελλειψοειδούς.

Οι καρτεσιανές γεωδαιτικές συντεταγμένες ( $X, Y, Z$ ), χρησιμοποιούνται αντί των γεωγραφικών συντεταγμένων ( $\phi, \lambda, H$ ) για την απλοποίηση αρκετών υπολογισμών, όπως αυτών που απαιτούνται για τη μετατροπή των γεωδαιτικών συντεταγμένων ενός σημείου από ένα σύστημα σε άλλο (βλ. § 2.3), τον υπολογισμό του στίγματος στη δορυφορική ναυτιλία κ.α.

### 2.3 Μετατροπή συντεταγμένων.

Η μετατροπή των συντεταγμένων ενός σημείου της επιφάνειας της γης από ένα γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς σε κάποιο άλλο, είναι κατ' αρχήν δυνατή για την περίπτωση μετατροπής των συντεταγμένων από ένα τοπικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς στο παγκόσμιο σύστημα WGS-84 και αντιστρόφως. Οι μετατροπές αυτές εκτελούνται με τις εξισώσεις του Molodensky (εξισώσεις 2.9, 2.10, 2.11).

Οι εξισώσεις του Molodensky (2.9), (2.10) και (2.11) παρέχουν τις απαιτούμενες για τη μετατροπή των συντεταγμένων  $\phi, \lambda, H$ , διορθώσεις  $\Delta\phi, \Delta\lambda$  και  $\Delta H$  από ένα τοπικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς στο παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα WGS 84.

$$\begin{aligned} \Delta\phi = & [-\Delta X \sin \phi \cos \lambda - \Delta Y \sin \phi \sin \lambda + \Delta Z \cos \phi \Delta\phi + \\ & + (a\Delta f + f\Delta a) \sin 2\phi] \cdot [R_M \sin 1]^{-1} \end{aligned} \quad (2.9)$$

$$\Delta\lambda = [-\Delta X \sin \phi + \Delta Y \cos \lambda] \cdot [R_N \cos \phi \sin 1]^{-1} \quad (2.10)$$

$$\begin{aligned} \Delta H = & -\Delta X \cos \phi \cos \lambda + \Delta Y \cos \phi \sin \lambda + \Delta Z \sin \phi + \\ & + (a\Delta f + f\Delta a) \sin^2 \phi - \Delta a \end{aligned} \quad (2.11)$$

$$\Phi_{WGS84} = \Phi_{τοπικό} + \Delta\phi \quad (2.12)$$

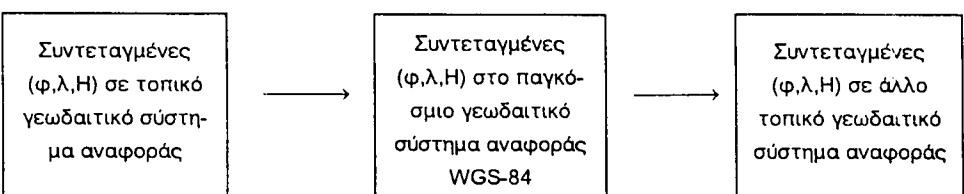
$$\lambda_{WGS84} = \lambda_{τοπικό} + \Delta\lambda \quad (2.13)$$

$$H_{WGS84} = H_{τοπικό} + \Delta H \quad (2.14)$$

$$R_M = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \phi)^{3/2}} \quad (2.15)$$

- όπου:  $-\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$  είναι οι διαφορές σε μέτρα των ορθογωνίων συντεταγμένων  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  του κέντρου του παγκόσμιου γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς WGS 84 από τις αντίστοιχες συντεταγμένες του κέντρου ενός τοπικού γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς.
- $-\Delta a$ ,  $\Delta f$  είναι οι διαφορές σε μέτρα των παραμέτρων  $a$  και  $f$  του ελλειψοειδούς του WGS 84 από τις αντίστοιχες παραμέτρους του ελλειψοειδούς ενός τοπικού γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς.
- $-R_M$  είναι η ακτίνα καμπυλότητας του μεσημβρινού που δίνεται από τη σχέση (2.15).
- $-R_N$  είναι η ακτίνα καμπυλότητας της κύριας κάθετης τομής που δίνεται από τη σχέση (2.8).
- $-$ Οι τιμές των παραμέτρων  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$ ,  $\Delta Z$ ,  $\Delta a$ ,  $\Delta f$  έχουν υπολογισθεί και πινακοποιηθεί για όλα σχεδόν τα χρησιμοποιούμενα τοπικά γεωδαιτικά συστήματα αναφοράς. Για το ευρωπαϊκό γεωδαιτικό σύστημα και τον ελληνικό χώρο οι τιμές αυτές είναι :  $\Delta X = -87 \pm 3$  m,  $\Delta Y = -98 \pm 8$  m,  $\Delta Z = -121 \pm 5$  m,  $\Delta a = 253.00$  m,  $\Delta f \times 10^4 = 0.14223913$
- $-$ Οι τιμές των παραμέτρων  $\Delta \phi$ ,  $\Delta \lambda$ ,  $\Delta H$  δίνονται σε δεύτερα λεπτά της μοίρας και μέτρα και εκφράζουν τις διαφορές των συντεταγμένων ενός τοπικού γεωδαιτικού συστήματος αναφοράς από το παγκόσμιο γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς WGS 84 (εξισώσεις 2.12, 2.13, 2.14).

Η μετατροπή των συντεταγμένων ενός σημείου της επιφάνειας της γης από ένα τοπικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς σε κάποιο άλλο επίσης τοπικό, γίνεται με την κατ' αρχήν μετατροπή των συντεταγμένων από το ένα τοπικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς στο παγκόσμιο σύστημα WGS-84 και στη συνέχεια με τη μετατροπή των συντεταγμένων από το σύστημα WGS-84 στο άλλο τοπικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς (σχ. 2.3a).

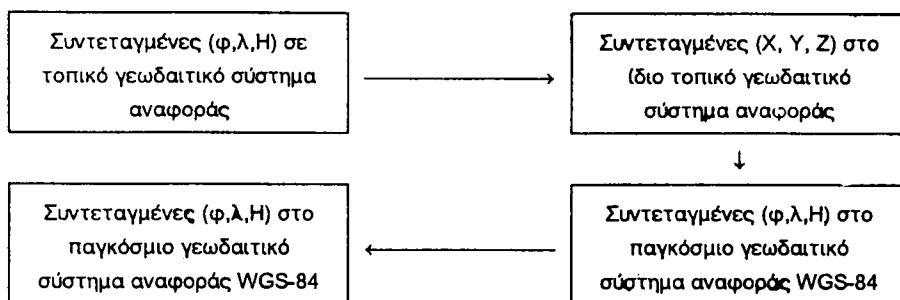


Σχ. 2.3a.

Μετατροπή γεωδαιτικών συντεταγμένων από ένα τοπικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς σε κάποιο άλλο με τις εξισώσεις Molodensky.

Εκτός από τις εξισώσεις του Molodensky, η μετατροπή των συντεταγμένων από ένα τοπικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς στο παγκόσμιο σύστημα WGS-84 είναι δυνατό να γίνει και με τη χρησιμοποίηση καρτεσιανών γεωδαιτικών συντεταγμένων (βλ. § 2.2.4) με τη διαδικασία που φαίνεται στο σχήμα 2.3β.

Η μετατροπή των καρτεσιανών γεωδαιτικών συντεταγμένων ( $X, Y, Z$ ) από ένα σύστημα σε κάποιο άλλο, γίνεται με τις εξισώσεις μετατροπής καρτεσιανών συντεταγμένων της αναλυτικής γεωμετρίας, εφ' όσον είναι γνωστές οι παράμετροι  $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z, \psi, \omega$  και  $\epsilon$  που καθορίζουν οι μεν τρεις πρώτες τις αποστάσεις των κέντρων των δύο καρτεσιανών συστημάτων στις διευθύνσεις των αξόνων  $X, Y, Z$  οι δε υπόλοιπες ( $\psi, \omega, \epsilon$ ) τις στροφές των αξόνων του ενός συστήματος ως προς το άλλο. Περισσότερες λεπτομέρειες περιέχονται σε οποιοδήποτε βιβλίο αναλυτικής γεωμετρίας.



### Σχ. 2.3β.

Μετατροπή γεωδαιτικών συντεταγμένων από ένα τοπικό γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς σε κάποιο άλλο με καρτεσιανές γεωδαιτικές συντεταγμένες.

Στην πράξη οι μετατροπές των συντεταγμένων από ένα γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς σε κάποιο άλλο από το ναυτιλλόμενο εκτελούνται με τους κάτωθι τρόπους :

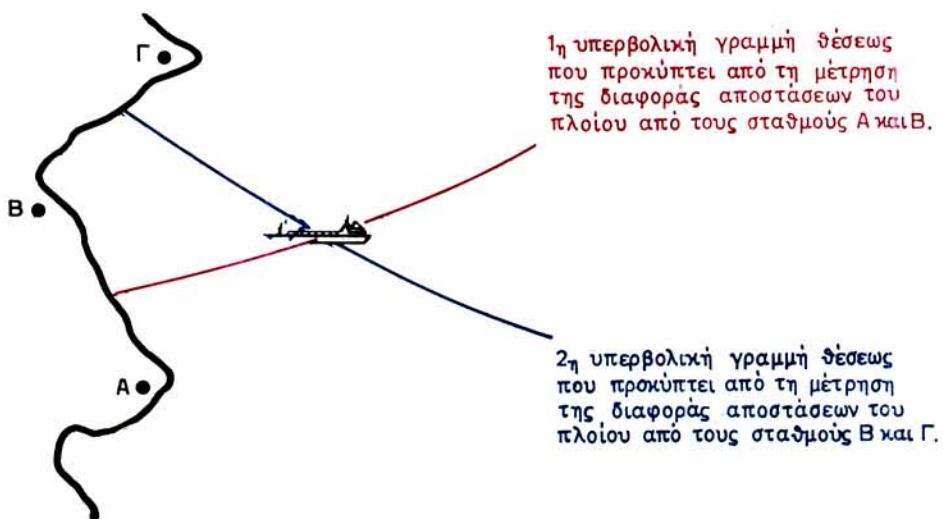
- Με τις διορθώσεις που υπάρχουν στις σχετικές σημειώσεις των ναυτικών χαρτών (βλ. § 2.1).
- Με τη χρησιμοποίηση ειδικών προγραμμάτων  $H/Y$  που κυκλοφορούν στο εμπόριο για την αυτόματη εκτέλεση των απαιτουμένων υπολογισμών (εξισώσεις Molodensky κλπ.).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### ΑΡΧΕΣ ΠΕΡΙ ΥΠΕΡΒΟΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ

#### 3.1 Γενικά περί υπερβολικών συστημάτων καθορισμού στίγματος.

Στα υπερβολικά συστήματα καθορισμού στίγματος, το στίγμα του πλοίου μας προσδιορίζεται από την τομή δυο υπερβολικών γραμμών θέσεως, κάθε μια από τις οποίες προκύπτει από τη διαφορά των αποστάσεων του πλοίου από δυο γνωστά σημεία της ξηράς<sup>(1)</sup> στα οποία είναι εγκατεστημένοι δυο σταθμοί του χρησιμοποιούμενου συστήματος (π.χ. LORAN, OMEGA, DECCA) (σχ. 3.1α).



Σχ. 3.1α.

Προσδιορισμός ναυτιλιακού στίγματος με την τομή δυο υπερβολικών γραμμών θέσεως.

(1) Όπως είναι γνωστό από τα μαθηματικά, υπερβολή είναι ο γεωμετρικός τόπος των σημείων, που η διαφορά των αποστάσεών τους από δύο συγκεκριμένα σημεία, που λέγονται **εστίες της υπερβολής**, είναι σταθερή.

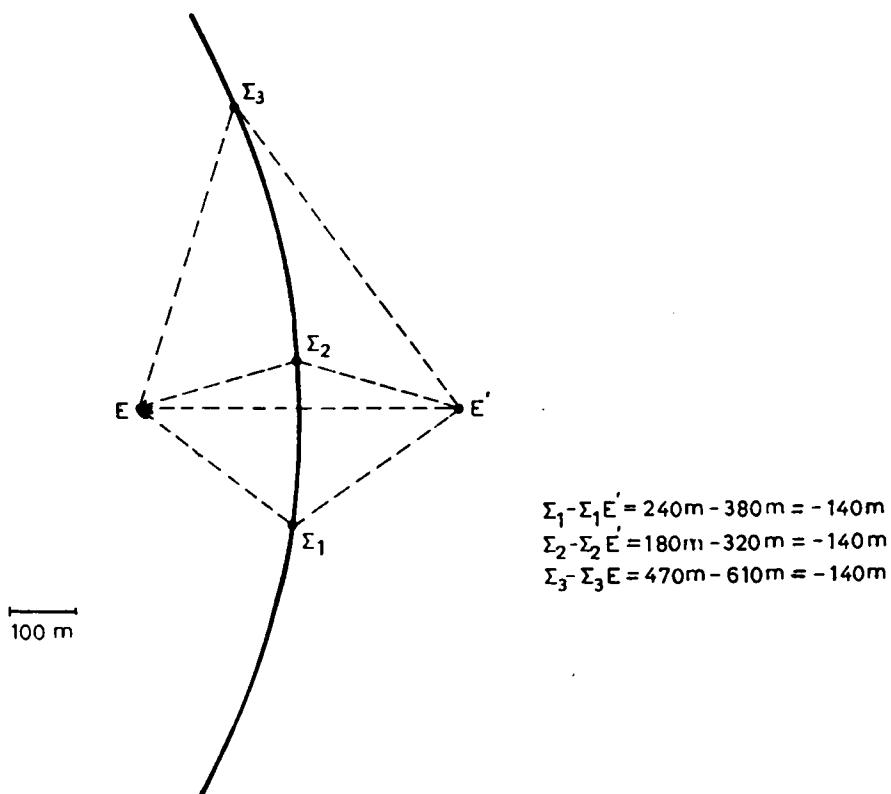
Αν E και E' είναι οι δύο εστίες μιας υπερβολής AB (σχ. 3.1β), τότε η διαφορά των αποστάσεων οποιοιδήποτε σημείου της υπερβολής από τις δύο εστίες είναι σταθερή:

$$\Sigma_1 E - \Sigma_1 E' = \Sigma_2 E - \Sigma_2 E' = \Sigma_3 E - \Sigma_3 E' = \dots = \text{σταθερό}$$

Στα υπερβολικά συστήματα, για τον προσδιορισμό του στίγματος χρησιμοποιείται συνήθως διάταξη τριών σταθμών ξηράς (σχ. 3.1a), έτσι, ώστε η μια υπερβολική γραμμή θέσεως να προκύπτει από τη μέτρηση της διαφοράς των αποστάσεων του πλοίου από τους σταθμούς Α και Β και η άλλη από τη διαφορά των αποστάσεων του πλοίου από τους σταθμούς Β και Γ.

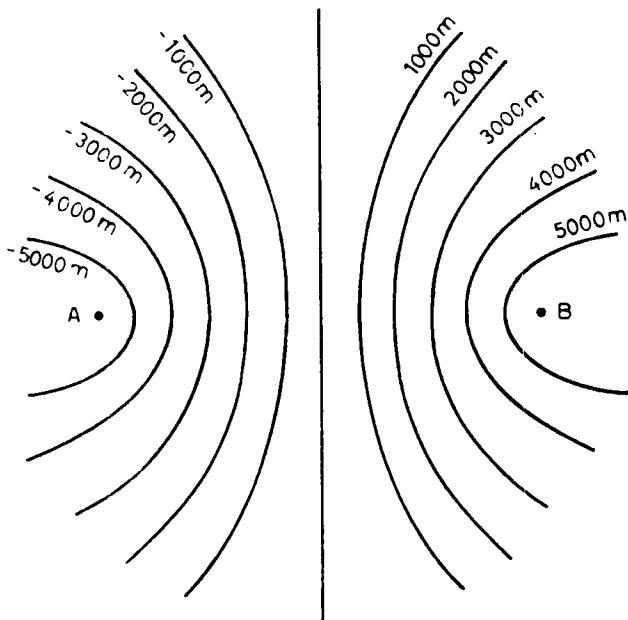
**Γραμμή θάσεως ή θασική γραμμή** ονομάζομε το ευθύγραμμο τμήμα<sup>(1)</sup> που συνδέει τα σταθερά σημεία από τα οποία μετράμε τις διαφορές των αποστάσεων του πλοίου μας (εστίες των υπερβολικών γραμμών θέσεως) (σχ. 3.1b).

Όπως θα δούμε στη συνέχεια, ανάλογα με τη θέση του πλοίου μας, για κάθε γραμμή θάσεως ΑΒ, η διαφορά των αποστάσεων του από τα σημεία Α και Β, έχει μια συγκεκριμένη τιμή στην οποία αντιστοιχεί μια ορισμένη υπερβολική γραμμή θέσεως. Αν π.χ. η διαφορά των αποστάσεων του πλοίου από τα



(1) Για την ακρίβεια το τόξο του μέγιστου κύκλου της γης που περνάει από τα δύο σταθερά σημεία.

σημεία Α και Β του σχήματος 3.1γ είναι 1000 m, το στίγμα μας βρίσκεται επάνω στην υπερβολή των 1000 m, ενώ εάν η διαφορά των αποστάσεων του από τα σημεία αυτά είναι 2000 m, το στίγμα μας βρίσκεται επάνω στην υπερβολή των 2000 m κ.ο.κ.



Σχ. 3.1γ.  
Σύστημα ομοεστίων υπερβολικών γραμμών θέσεως.

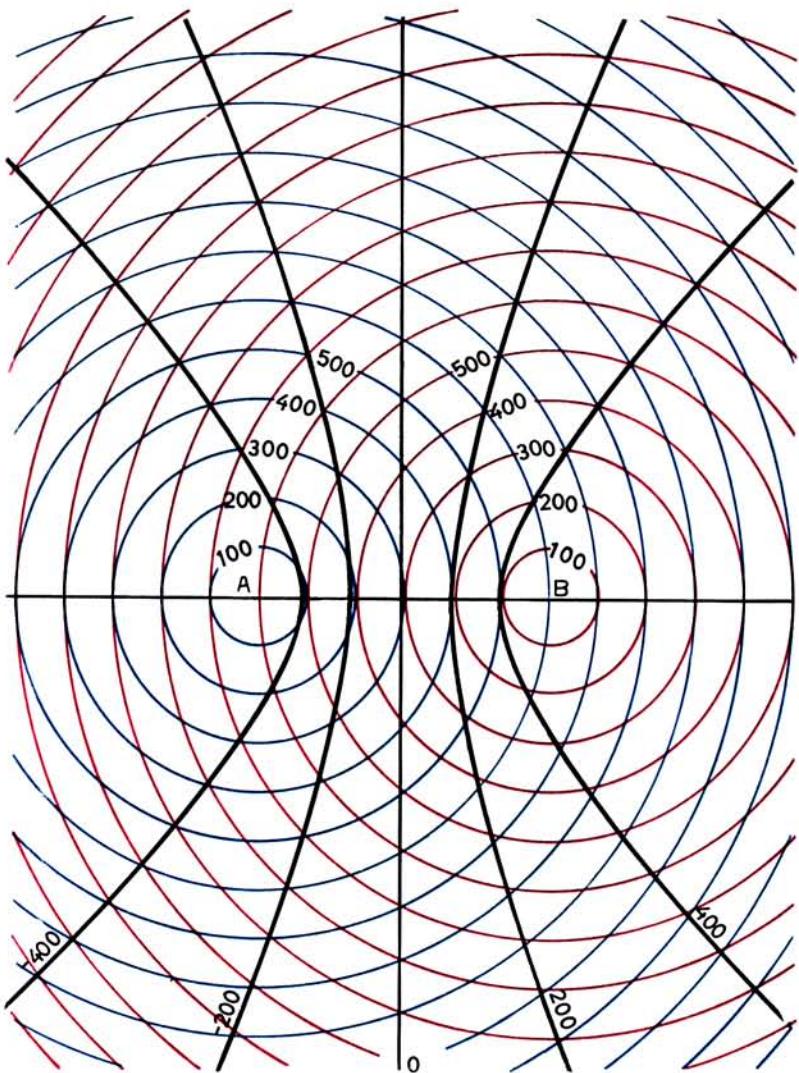
Ας δούμε τώρα, πώς μπορούμε να σχεδιάσουμε ένα σύστημα υπερβολών, που αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη γραμμή θάσεως, στο οποίο κάθε υπερβολή αντιστοιχεί σε διαφορά αποστάσεων από τις εστίες Α – Β ίση με 100, 200, 300 μέτρα κ.ο.κ.

Με κέντρο το σημείο Α (σχ. 3.1δ) σχεδιάζομε τους ομόκεντρους κύκλους που έχουν ακτίνες 100 m, 200 m, 300 m κ.ο.κ (μπλε κύκλοι). Σχεδιάζομε επίσης τους αντίστοιχους ομόκεντρους κύκλους με κέντρο το σημείο Β (κόκκινοι κύκλοι). Αν ενώσουμε τα κατάλληλα σημεία τομής των δυο ομάδων ομοκέντρων κύκλων, έχομε τις υπερβολές που αντιστοιχούν σε διαφορές αποστάσεως 100 m, 200 m, 300 m κ.ο.κ.

Όπως θα επεξηγηθεί στη συνέχεια του κεφαλαίου, η μέτρηση της διαφοράς των αποστάσεων του πλοίου από τους σταθμούς ξηράς μπορεί να γίνει με δυο τρόπους. Αυτοί είναι η μέτρηση της διαφοράς χρόνου και η μέτρηση της διαφοράς φάσεως.

### 3.2 Προσδιορισμός υπερβολικών γραμμών θέσεως με τη μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου.

Όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη παράγραφο μια υπερβολική



**Σχ. 3.1δ.**  
Γραφική κατασκευή ομοεστίων υπερβολών.

γραμμή θέσεως προκύπτει από τη διαφορά των αποστάσεων του πλοίου από δυο γνωστούς σταθμούς ξηράς.

Η διαφορά των αποστάσεων του πλοίου από τους δυο σταθμούς ξηράς μπορεί να προσδιορισθεί με τη μέτρηση του χρονικού διαστήματος, που μεσολαβεί μεταξύ της λήψεως στο δέκτη του πλοίου των σημάτων, που εκπέμπονται από τους δυο σταθμούς ξηράς.

### 3.2.1 Ταυτόχρονη εκπεμπή των σταθμών – Δημιουργία αμφιθολίας.

Έστω ότι οι σταθμοί Κ και Δ ενός υπερβολικού συστήματος καθορισμού στίγματος (σχ. 3.2a) εκπέμπουν ταυτόχρονα ένα παλμικό σήμα. Αν το πλοίο μας βρίσκεται στη θέση Π και η απόστασή του από τους σταθμούς Κ και Δ ενός υπερβολικού συστήματος στίγματος είναι  $r_K$  και  $r_\Delta$  αντίστοιχα, τότε:

Ο χρόνος  $t_{KP}$  που χρειάζεται το εκπεμπόμενο από το σταθμό Κ σήμα να φθάσει στο δέκτη του πλοίου ισούται με:

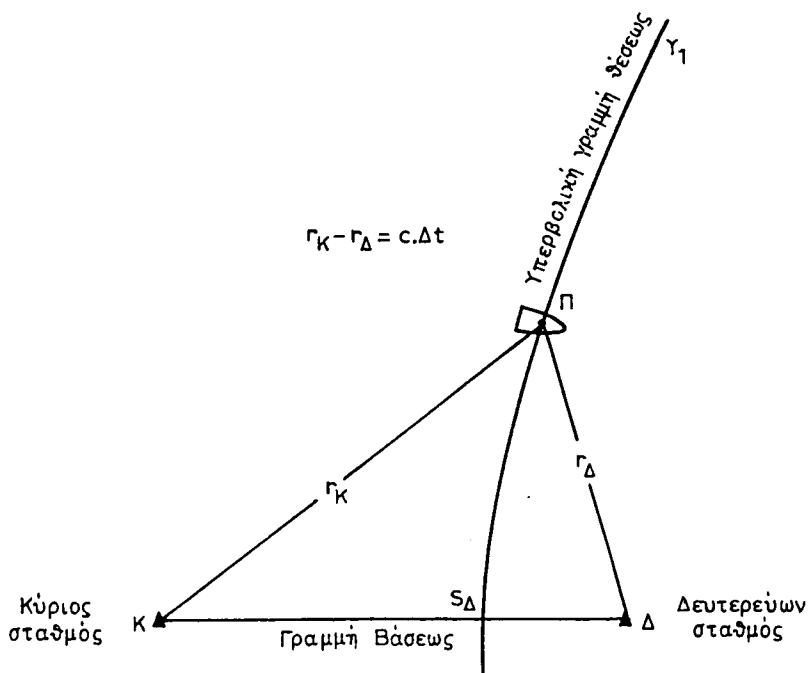
$$t_{KP} = \frac{r_K}{c}$$

όπου: c η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα.

Ο χρόνος  $t_{\Delta P}$  που χρειάζεται το εκπεμπόμενο από το σταθμό Δ σήμα να φθάσει στο δέκτη του πλοίου ισούται με:

$$t_{\Delta P} = \frac{r_\Delta}{c}$$

Στο δέκτη του υπερβολικού συστήματος που υπάρχει στο πλοίο μετράται το χρονικό διάστημα  $\Delta t$ , που μεσολαβεί μεταξύ των χρονικών στιγμών λήψεως των σημάτων που προέρχονται από τους σταθμούς Κ και Δ. Το χρονικό αυτό



Σχ. 3.2a.

Προσδιορισμός υπερβολικής γραμμής θέσεως με τη μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου.

διάστημα ισούται με:

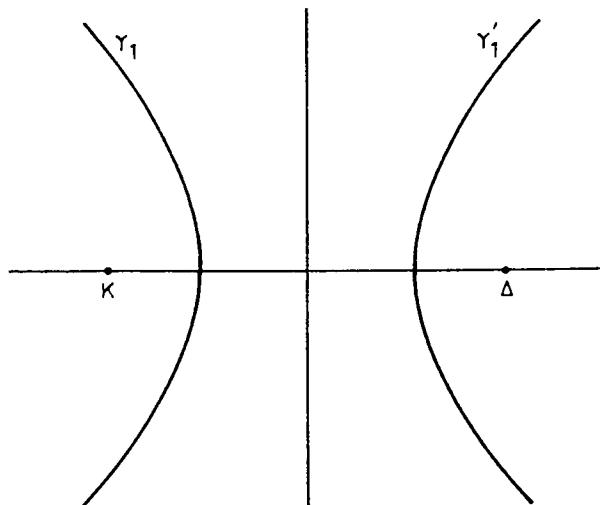
$$\Delta t = t_{K\pi} - t_{\Delta\pi} = \frac{r_K}{c} - \frac{r_\Delta}{c} = \frac{1}{c}(r_K - r_\Delta)$$

Από την παραπάνω σχέση προκύπτει, ότι η διαφορά των αποστάσεων του πλοίου από τους σταθμούς  $K$  και  $\Delta$  είναι ίση με:

$$r_K - r_\Delta = c \cdot \Delta t$$

Έχοντας προσδιορίσει τη διαφορά των αποστάσεων του πλοίου από τους σταθμούς  $K$  και  $\Delta$ , προσδιορίζομε την υπερβολική γραμμή θέσεως  $Y_1$  επάνω στην οποία βρίσκεται το σκάφος μας.

Εν τούτοις, θα πρέπει να παρατηρήσουμε ότι στη μετρούμενη διαφορά χρόνου (διαφορά αποστάσεων) αντιστοιχούν δυο υπερβολικές γραμμές θέσεως συμμετρικές ως προς τη μεσοκάθετο της γραμμής βάσεως (υπερβολές  $Y_1$  και  $Y'_1$  του σχήματος 3.28). Δημιουργείται δηλαδή μια αμφιθολία ως προς την επιλογή της μιας από τις δυο υπερβολικές γραμμές θέσεως. Η αμφιθολία αυτή μπορεί να ξεπερασθεί, αν οι δυο σταθμοί δεν εκπέμπουν ταυτόχρονα, αλλά με κάποια χρονική καθυστέρηση, όπως θα επεξηγηθεί στη συνέχεια



**Σχ. 3.28.**

Δημιουργία αμφιθολίας προσδιορισμού υπερβολικής γραμμής θέσεως, λόγω ταυτόχρονης εκπομπής των σταθμών.

### 3.2.2 Άρση αμφιθολίας με τη μη ταυτόχρονη εκπομπή των σταθμών (χρήση καθυστερήσεως χρόνου).

Η αμφιθολία που δημιουργείται ως προς την επιλογή της μιας από τις δυο υπερβολικές γραμμές θέσεως που αντιστοιχούν στη μετρούμενη διαφορά

χρόνου, όταν οι δυο σταθμοί εκπέμπουν ταυτόχρονα, αίρεται αν οι σταθμοί αυτοί εκπέμπουν με κάποια χρονική καθυστέρηση.

Έστω ότι ο σταθμός Κ εκπέμπει πρώτος και ο σταθμός Δ μετά από την πάροδο ενός χρονικού διαστήματος Τ τέτοιου, ώστε το σήμα που εκπέμπεται από το σταθμό Κ να έχει ήδη φθάσει στο σταθμό Δ, πριν από τη χρονική στιγμή που ο σταθμός Δ αρχίσει τη δική του εκπομπή.

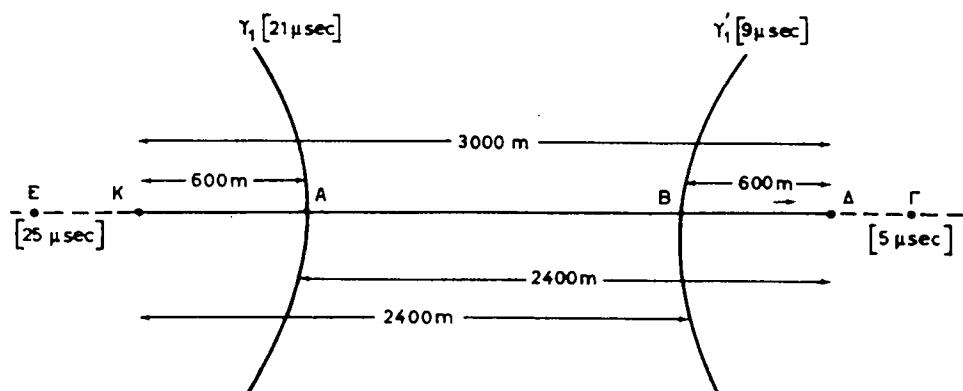
Με τον τρόπο αυτό, στο δέκτη του πλοίου θα λαμβάνεται πάντοτε πρώτα το σήμα του σταθμού Κ και μετά το σήμα του σταθμού Δ, σε αντίθεση με την περίπτωση κατά την οποία οι σταθμοί Κ και Δ εκπέμπουν ταυτόχρονα, οπότε ανάλογα με τη θέση του πλοίου είναι δυνατό να ληφθεί πρώτα το σήμα του σταθμού Κ (υπερβολή  $Y_1$ ) ή του Δ (υπερβολή  $Y'_1$ ).

Με τη χρήση της καθυστερήσεως χρόνου στην εκπομπή του σταθμού Δ, όλες οι υπερβολές, που βρίσκονται αριστερά της μεσοκαθέτου της γραμμής θάσεως, αντιστοιχούν σε διαφορετικές διαφορές χρόνου από τις συμμετρικές τους ως προς τη μεσοκάθετο και, με τον τρόπο αυτό, δεν υπάρχει η αμφιθολία που παρουσιάζεται στην περίπτωση των ταυτοχρόνων εκπομπών.

Η άρση της αμφιθολίας ως προς την επιλογή της μιας από τις δυο συμμετρικές υπερβολικές γραμμές θάσεως, με τη χρησιμοποίηση καθυστερήσεως χρόνου, γίνεται καλύτερα αντιληπτή με την εξέταση του επόμενου παραδείγματος:

Ας υποθέσουμε, ότι το μήκος της γραμμής θάσεως ΚΔ είναι 3 km και ας εξετάσουμε τα σημεία Α και Β της γραμμής θάσεως απ' όπου διέρχονται οι συμμετρικές υπερβολικές γραμμές  $Y_1$  και  $Y'_1$ , που, έστω ότι απέχουν 600 m από τις εστίες Κ και Δ των υπερβολών (σχ. 3.2γ). Στην περίπτωση αυτή οι αποστάσεις ΚΒ και ΔΑ είναι ίσες με 2400 m.

Το σήμα που εκπέμπεται από το σταθμό Κ φθάνει στο σταθμό Δ μετά από πάροδο χρόνου 10 msec [ο χρόνος αυτός ισούται με το μήκος της γραμμής θάσεως ΚΔ διαιρούμενο με την ταχύτητα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα, δηλαδή  $3 \times 10^3 \text{ m} / (3 \times 10^8 \text{ m sec}^{-1}) = 10 \text{ msec}$ ].



Σχ. 3.2γ.

Άρση αμφιθολίας με τη μη ταυτόχρονη εκπομπή των σταθμών (χρήση καθυστερήσεως χρόνου).

Ας υποθέσουμε τώρα ότι ο σταθμός Δ εκπέμπει με χρονική καθυστέρηση 15 μsec μετά την έναρξη της εκπομπής του σταθμού Κ (δηλαδή 5 μsec μετά από την άφιξη του σήματος του σταθμού Κ στο σταθμό Δ).

Ο χρονος που χρειάζεται το σήμα του σταθμού Κ να φθάσει στα σημεία Α και Β είναι 2 και 8 μsec αντίστοιχα. Επίσης ο χρόνος που χρειάζεται το σήμα του σταθμού Δ να φθάσει στα σημεία Α και Β είναι 8 και 2 μsec αντίστοιχα (τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα σε διάστημα 1 μsec διανύουν απόσταση 300 m).

Στο σημείο Α η μετρούμενη διαφορά χρόνου είναι ίση με:

$$15 \text{ μsec} \quad + 8 \text{ μsec} \quad - 2 \text{ μsec} \quad = 21 \text{ μsec}$$

Χρονική καθυστέρηση εκπομπής σταθμού Δ	Χρόνος διαδόσεως του σήματος του σταθμού Δ μέχρι το σημείο Α	Χρόνος διδόσεως του σήματος του σταθμού Κ μέχρι το σημείο Α	Μετρούμενη διαφορά χρόνου
---	---	--	---------------------------------

Στο σημείο Β η μετρούμενη διαφορά χρόνου είναι ίση με:

$$15 \text{ μsec} \quad + 2 \text{ μsec} \quad - 8 \text{ μsec} \quad = 9 \text{ μsec}$$

Χρονική καθυστέρηση εκπομπής σταθμού Δ	Χρόνος διαδόσεως του σήματος του σταθμού Δ μέχρι το σημείο Β	Χρόνος διαδόσεως του σήματος του σταθμού Κ μέχρι το σημείο Α	Μετρούμενη διαφορά χρόνου
---	---	---	---------------------------------

Διαπιστώσαμε δηλαδή, ότι οι διαφορές χρόνου που μετριούνται σε δυο σημεία που ανήκουν στις συμμετρικές υπερβολές Υ, και Υ<sub>i</sub>, είναι διαφορετικές και επομένως δεν δημιουργείται αμφιθολία.

### 3.2.3 Δημιουργία αμφιθολίας στην προέκταση της γραμμής θάσεως.

Έστω τώρα, ότι το πλοίο μας βρίσκεται επάνω στην προέκταση της γραμμής θάσεως, δεξιά του σταθμού Δ. Σύμφωνα με το σχήμα 3.26 διαπιστώνομε, ότι σε οποιοδήποτε σημείο της προεκτάσεως της γραμμής θάσεως ΚΔ δεξιά του Δ, όπως π.χ. το σημείο Γ, αντιστοιχεί διαφορά χρόνου ίση με 15 μsec (όσο είναι η καθυστέρηση εκπομπής του σταθμού Δ).

Αν, αντί του τμήματος της γραμμής θάσεως, που βρίσκεται δεξιά του σταθμού Δ, εξετάσομε την αριστερά του σταθμού Κ προέκτασή της, τότε διαπιστώνομε, ότι σε οποιοδήποτε σημείο του τμήματος αυτού της ευθείας (όπως π.χ. το σημείο Ε) αντιστοιχεί διαφορά χρόνου ίση με 15 μsec + 10 μsec = 25 μsec.

Διαπιστώσαμε δηλαδή, ότι:

a) Όλα τα σημεία της προεκτάσεως της γραμμής θάσεως, δεξιά του σταθμού Δ, αντιστοιχούν στην ίδια διαφορά χρόνου (που για το παράδειγμά μας είναι ίση με 5 μsec).

b) Όλα τα σημεία της προεκτάσεως της γραμμής θάσεως, αριστερά του σταθμού Κ, αντιστοιχούν στην ίδια διαφορά χρόνου (που για το παράδειγμά μας είναι ίση με 25 μsec).

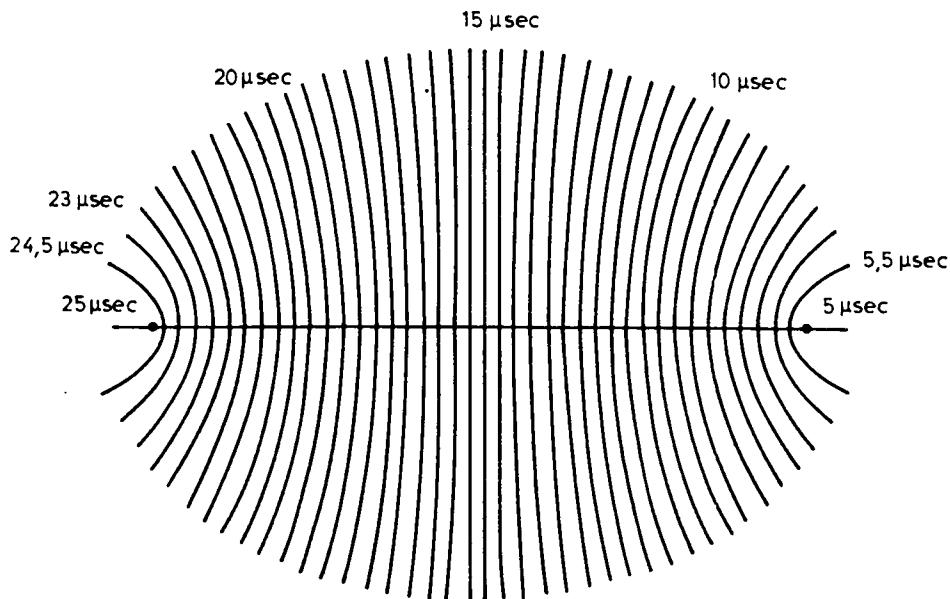
Με άλλα λόγια, οι υπερβολές που αντιστοιχούν σε διαφορές χρόνου 5 και 25 μsec (πάντα για το συγκεκριμένο παράδειγμα) εκφυλίζονται σε δυο ημιευθείες.

### 3.2.4 Σύστημα ομοεστίων υπερβολών που αντιστοιχούν σε ορισμένες διαφορές χρόνου.

Από την ανάπτυξη που προηγήθηκε για τον προσδιορισθείσα υπερβολικής γραμμής θέσεως με τη μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου, διαπιστώσαμε, ότι, σε κάθε διαφορά χρόνου που μετράται στο δέκτη του υπερβολικού συστήματος καθορισμού στίγματος του πλοίου μας, αντιστοιχεί μόνο μια υπερβολική γραμμή θέσεως.

Με βάση την παραπάνω διαπίστωση, οι υπερβολές που αντιστοιχούν σε δυο συγκεκριμένες εστίες (σταθμούς) μπορούν να χαρακτηριστούν με τις διαφορές χρόνου που αντιστοιχούν στην κάθε μια (σχ. 3.2δ).

Η απεικόνιση των υπερβολικών γραμμών θέσεως με τις αντίστοιχες διαφορές χρόνου φαίνεται καλύτερα στους χάρτες LORAN.



Σχ. 3.2δ.

Σύστημα ομοεστίων υπερβολών που αντιστοιχούν σε ορισμένες διαφορές χρόνου.

### 3.3 Προσδιορισμός υπερβολικών γραμμών θέσεως με τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως.

Για τον προσδιορισμό μιας υπερβολικής γραμμής θέσεως που αντιστοιχεί σε μια διαφορά αποτάσεων του πλοίου από δύο σταθμούς ξηράς, εκτός από τη μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου, που αναπτύχθηκε παραπάνω, σε ορι-

σμένα υπερβολικά συστήματα χρησιμοποιείται η μέθοδος συγκρίσεως φάσεως, που αναπτύσσεται στη συνέχεια.

### 3.3.1 Μέτρηση αποστάσεως με τη διαφορά φάσεως.

Έστω, ότι στο σημείο A του σχήματος 3.3a θρίσκεται ένας σταθμός που εκπέμπει ένα συνεχές ημιτονοειδές σήμα της μορφής  $I = I_0 \sin \phi(t)$ .

Όπως είναι γνωστό από τη φυσική, **φάση** ή **γωνία φάσεως** του παραπάνω κύματος ονομάζομε τη γωνία  $\phi(t)$  η οποία ισούται με:

$$\phi(t) = \omega \cdot t$$

όπου:  $\omega$  η κυκλική συχνότητα του κύματος που ισούται με:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$$

όπου:  $T$  η περίοδος και  $f$  η συχνότητα του σήματος.

Κατ' αρχήν ας δούμε τον τρόπο χρησιμοποίησεως της διαφοράς φάσεως για τη μέτρηση της αποστάσεως με ένα παράδειγμα.

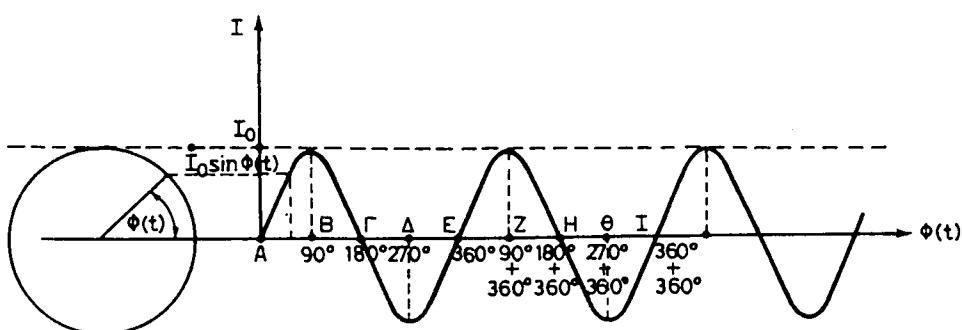
Ας υποθέσουμε, ότι κατά τη χρονική στιγμή που αρχίζει η εκπομπή του σταθμού A το εκπεμπόμενο σήμα έχει φάση ίση με μηδέν (σχ. 3.3a). Όταν το σήμα αυτό φθάσει στο σημείο B, που απέχει από το σημείο A απόσταση ίση με το  $\frac{1}{4}$  του μήκους κύματος λ, θα έχει διαφορά φάσεως από το σημείο A ίση με  $90^\circ$ .

Επίσης, όταν το σήμα φθάσει στο σημείο Γ, που απέχει από το σημείο A απόσταση ίση με το μισό του μήκους κύματος, θα έχει διαφορά φάσεως από το σημείο A ίση με  $180^\circ$ .

Ομοίως, όταν το σήμα που εκπέμπεται από το σημείο A φθάσει στα σημεία Δ, Ε, Ζ, Η, Θ και Ι, θα έχει διαφορά φάσεως από το σημείο A ίση με:

$$270^\circ, 360^\circ, 360^\circ + 90^\circ, 360^\circ + 180^\circ, 360^\circ + 270^\circ, 360^\circ + 360^\circ \text{ αντίστοιχα.}$$

Με τον τρόπο αυτό παρατηρούμε ότι, αν γνωρίζομε τη διαφορά φάσεως του σήματος που λαμβάνεται σε ένα σημείο Σ ως προς τη φάση που είχε το σήμα κατά τη στιγμή της εκπομπής του από το σημείο A, μπορούμε να προσδιορίσο-



**Σχ. 3.3a.**  
Μέτρηση αποστάσεως με τη διαφορά φάσεως.

με την απόσταση του σημείου Σ από το σημείο Α σε μονάδες μήκους κύματος.

Θα πρέπει όμως να προσέξουμε ότι τα σημεία Β και Ζ έχουν διαφορές φάσεως ως προς το σημείο Α  $360^\circ$  και δεν μπορούν να διακριθούν μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό, στην πραγματικότητα, όταν χρησιμοποιούμε τη μέθοδο μετρήσεως διαφοράς φάσεως, προσδιορίζουμε την απόσταση σε μονάδες μήκους κύματος, οι οποίες μπορεί να διαφέρουν κατά ένα ακέραιο πολλαπλάσιο του  $\lambda$ . Η διαφορά αυτή φαίνεται, αν εξετάσουμε τα σημεία Β και Ζ, Γ και Η, Δ και Θ κλπ., που η φάση τους διαφέρει κατά  $360^\circ$  και οι αποστάσεις τους από το σημείο Α διαφέρουν κατά ένα μήκος κύματος, δηλαδή:

$$AB = \frac{\lambda}{4} \quad AZ = \frac{\lambda}{4} + \lambda \quad \text{κλπ.}$$

$$AG = \frac{\lambda}{2} \quad AH = \frac{\lambda}{2} + \lambda \quad \text{κλπ.}$$

$$AD = \frac{3}{4}\lambda \quad A\Theta = \frac{3}{4}\lambda + \lambda \quad \text{κλπ.}$$

Στη γενική περίπτωση, αν κατά τη στιγμή της εκπομπής στο σταθμό Α το εκπεμπόμενο σήμα έχει φάση  $\Phi_A$ , τότε, όταν το σήμα φθάσει στο σημείο Σ, θα έχει φάση  $\Phi_\Sigma$  που θα είναι ίση με:

$$\Phi_\Sigma = \Phi_A + \frac{2\pi}{\lambda} D_{AS} \quad (3.1)$$

όπου:  $D_{AS}$  η απόσταση των σημείων Α και Σ και

$\lambda$  το μήκος κύματος του εκπεμπόμενου σήματος.

Αν επιλύσουμε την εξίσωση (3.1) ως προς την απόσταση  $D_{AS}$  έχουμε:

$$D_{AS} = \frac{\Phi_\Sigma - \Phi_A}{2\pi} \lambda$$

και αν συμβολίσουμε με  $\Delta\Phi$  τη διαφορά φάσεως  $\Phi_\Sigma - \Phi_A$ , τότε:

$$D_{AS} = \frac{\Delta\Phi}{2\pi} \lambda \quad (3.2)$$

Επειδή τώρα η διαφορά φάσεως  $\Delta\Phi$  στη γενική της μορφή ισούται με

$$\Delta\Phi = 2\kappa\pi + \theta$$

όπου:  $\kappa$  ένας μη αρνητικός ακέραιος αριθμός και

$\theta$  μια γωνία μεταξύ 0 και  $2\pi$ ,

η σχέση (3.2) γίνεται:

$$D_{AS} = \frac{2\kappa\pi + \theta}{2\pi} \lambda$$

$$D_{A\Sigma} = \left( \kappa + \frac{\theta}{2\pi} \right) \lambda$$

$$D_{A\Sigma} = \kappa \lambda + \frac{\theta}{2\pi} \lambda \quad (3.3)$$

όπου: κ ένας μη αρνητικός ακέραιος αριθμός ( $0, 1, 2\dots$ ) και

Θη μετρούμενη διαφορά φάσεως που έχει τιμή μεταξύ 0 και 2π.

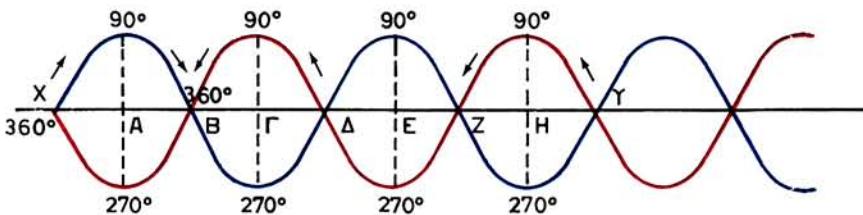
Από τη σχέση (3.3) παρατηρούμε, ότι η απόσταση  $D_{AS}$  μεταξύ των σημείων A και S ισούται με κ φορές το μήκος κύματος λ συν ένα κλάσμα  $\theta/2\pi$  του μήκους κύματος.

Με τη μέτρηση της διαφοράς φάσεως προσδιορίζουμε μόνο το δεκαδικό μέρος της αποστάσεως  $D_{A\bar{S}}$  σαν κλάσμα του μήκους κύματος  $\lambda$ , ενώ για τον ακριβή προσδιορισμό της αποστάσεως  $D_{A\bar{S}}$  πρέπει οπωσδήποτε να γνωρίζουμε τον ακέραιο αριθμό  $k$  της σχέσεως (3.3).

### **3.3.2 Δημιουργία συστήματος ομοεστίων υπερθολών με τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως.**

Στην παράγραφο αυτή θα εξετάσουμε τον τρόπο προσδιορισμού των υπερβολικών γραμμών θέσεως, που αντιστοιχούν σε ορισμένες διαφορές αποστάσεων από δυο σταθμούς, με τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως. Για την ευκολότερη κατανόηση της μεθόδου θα ξεκινήσουμε και πάλι από ένα απλό παράδειγμα και στη συνέχεια θα εξετασθεί η γενική περίπτωση.

Έστω ότι έχουμε δυο σταθμούς  $X$  και  $Y$  (σχ. 3.36) που εκπέμπουν ταυτόχρονα στην ίδια συχνότητα  $f$  δυο σήματα της αυτής φάσεως και η μεταξύ τους απόσταση  $S$  είναι ίση με έναν ακέραιο αριθμό μηκών κύματος  $\lambda$ . Πιο συγκεκριμένα, έστω ότι οι σταθμοί  $X$  και  $Y$  απέχουν μεταξύ τους απόσταση ίση με  $2\lambda$  και τα σήματα που εκπέμπονται ταυτόχρονα από αυτούς, έστω, ότι έχουν μηδενική φάση.



**Σχ. 3.36.**

Γαυτόχρονη εκπομπή σημάτων μηδενικής φάσεως από δύο σταθμούς που απέχουν ακέραιο αριθμό μηκών κύματος.

Αν εξετάσομε τις φάσεις που έχουν τα σήματα των σταθμών X και Y όταν φθάσουν στο σημείο A, παρατηρούμε, ότι η φάση του σήματος του σταθμού X είναι  $90^\circ$ , ενώ η φάση του σήματος του σταθμού του Y είναι  $270^\circ$  και επομένως τα δυο σήματα έχουν διαφορά φάσεως  $180^\circ$ .

Οι διαφορές φάσεως, που έχουν τα σήματα των σταθμών  $X$  και  $Y$ , όταν φθάνουν στα διάφορα σημεία της γραμμής  $XY$ , είναι:

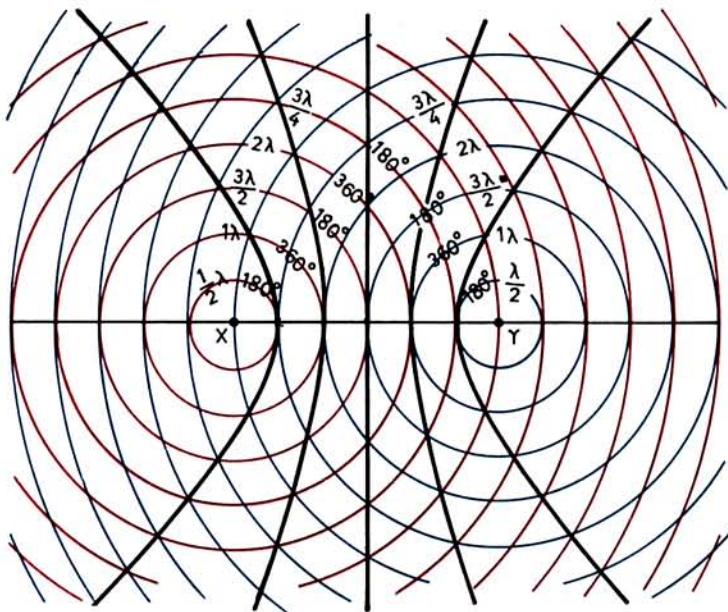
Σημείο	Διαφορά φάσεως	Απόσταση από X	Απόσταση από Y	Διαφορά αποστάσεων
X	0°	0	2λ	-2λ
A	180°	$\frac{\lambda}{4}$	$\lambda + \frac{3\lambda}{4}$	$-(\lambda + \frac{\lambda}{2})$
B	0°	$\frac{\lambda}{2}$	$\lambda + \frac{\lambda}{2}$	-λ
Γ	180°	$\frac{3\lambda}{4}$	$4 + \frac{\lambda}{4}$	$-\frac{\lambda}{2}$
Δ	0°	$\frac{\lambda}{2}$	$\frac{\lambda}{2}$	0
E	180°	$\lambda + \frac{\lambda}{4}$	$\frac{3\lambda}{4}$	$\frac{\lambda}{2}$
Z	0°	$\lambda + \frac{\lambda}{2}$	$\frac{\lambda}{2}$	λ
H	180°	$\lambda + \frac{3\lambda}{4}$	$\frac{\lambda}{4}$	$\lambda + \frac{\lambda}{2}$
Y	0°	2λ	0	2λ

Παρατηρούμε δηλαδή, ότι όπου η διαφορά φάσεως των σημάτων που εκπέμπονται από τους σταθμούς X και Y μεταβάλλεται κατά 180° (π.χ. από το σημείο A μέχρι το B), η αντίστοιχη διαφορά αποστάσεως είναι  $\lambda/4$  (τμήμα AB).

Με τον παραπάνω τρόπο εκπομπής των σταθμών X και Y, όταν η φάση του σήματος που εκπέμπεται από το σταθμό X είναι 180°, σε κάποιο σημείο που απέχει το μισό του μήκους κύματος ( $\lambda/2$ ) από το σταθμό X (σχ. 3.3γ), τότε η φάση του σήματος που εκπέμπεται από το σταθμό Y είναι 180° σε κάποιο σημείο, που απέχει το μισό του μήκους κύματος από το σταθμό Y. Όταν η φάση του σήματος που εκπέμπεται από το σταθμό X γίνει 360° (ή θα έχει γίνει και πάλι μηδέν), σε ένα σημείο που απέχει από το σταθμό X όσο το μήκος κύματος, τότε η φάση του σήματος που εκπέμφθηκε από το σταθμό Y θα είναι επίσης 360° (ή θα έχει γίνει και πάλι μηδέν) σε κάποιο σημείο που απέχει από το σταθμό Y όσο το μήκος κύματος.

Όπως φάνηκε από την ανάλυση του σχήματος 3.3θ, επάνω στη γραμμή βάσεως μια συγκεκριμένη τιμή διαφοράς φάσεως μεταξύ των σημάτων που εκπέμπονται από τους σταθμούς X και Y επαναλαμβάνεται σε αποστάσεις ίσες με  $\lambda/2$ .

Από το σχήμα 3.3γ είναι προφανές ότι οι υπερβολές που περνάνε από τα σημεία που απέχουν ένα ακέραιο αριθμό μηκών κύματος από τους σταθμούς X και Y, καθώς και αυτές που απέχουν ένα ακέραιο αριθμό μηκών κύματος συν μισό μήκος κύματος από αυτούς, έχουν μηδενική διαφορά φάσεως.



**Σχ. 3.3γ.**

Προδιορισμός υπερβολικής γραμμής θέσεως με τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως.

### **3.3.3 Η αθεβαιότητα διαύλου.**

Οι ισοφασικές καμπύλες μηδενικής διαφοράς φάσεως, που, δύος είδαμε παραπάνω, είναι υπερβολές, τέμνουν τη γραμμή βάσεως σε σημεία που απέχουν μεταξύ τους δύο το μισό του μήκους κύματος.

Επάνω στους χάρτες οι ισοφασικές καμπύλες μηδενικής διαφοράς φάσεως αριθμολογούνται με ακέραιους αριθμούς. Η περιοχή που περιέχεται μεταξύ δυο διαδοχικών ισοφασικών γραμμών μηδενικής διαφοράς φάσεως λέγεται δίσυλος. Το εύρος του διαύλου επάνω στη γραμμή βάσεως είναι ίσο με το μισό του μήκους κύματος.

Η μέτρηση της διαφοράς φάσεων των σημάτων των σταθμών X και Y, που λαμβάνονται στο δέκτη του πλοίου, γίνεται συνήθως σε εκατοστά του κύκλου (ένας κύκλος ισούται με διαφορά φάσεως  $360^\circ$ ).

Με τη μέτρηση της διαφοράς φάσεων των σημάτων, που εκπέμπονται από τους σταθμούς X και Y προσδιορίζομε μια ισοφασική γραμμή θέσεως που βρίσκεται μέσα σε κάποιο δίαυλο, χωρίς κατ' αρχή να μπορούμε να προσδιορίσουμε σε ποιον ακριβώς δίαυλο βρισκόμαστε.

Η παραπάνω αθεβαιότητα του διαύλου των υπερβολικών συστημάτων, που λειτουργούν με τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως, μπορεί να ξεπεραστεί, αν ξέρουμε το περίπου στίγμα μας με ακρίβεια ίση με  $\lambda/4$ , οπότε προσδιορίζομε το συγκεκριμένο δίαυλο στον οποίο βρισκόμαστε. Εκτός από τον τρόπο αυτό, η αθεβαιότητα διαύλου στα διάφορα συστήματα που λειτουργούν με τη μέθοδο

συγκρίσεως φάσεως μπορεί να ξεπεραστεί με ορισμένα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των αντιστοίχων δεκτών, όπως θα αναπτυχθεί λεπτομερώς στα κεφάλαια περί OMEGA και DECCA.

### **3.4 Συνδυασμός δυο ομάδων ομοεστίων υπερβολών για τον προδιορισμό του στίγματος.**

Στα υπερβολικά συστήματα, για τον προσδιορισμό του στίγματος σε μια περιοχή, χρησιμοποιείται μια ομάδα σταθμών που λέγεται **αλυσίδα**.

Μια αλυσίδα σταθμών ενός υπερβολικού συστήματος συνήθως αποτελείται από ένα κύριο σταθμό και δυο, τρεις ή και τέσσερις ακόμη δευτερεύοντες σταθμούς, που είναι εγκατεστημένοι περιφερειακά γύρω από τον κύριο σταθμό.

Στο σχήμα 3.4 φαίνεται μια τυπική αλυσίδα σταθμών ενός υπερβολικού συστήματος καθορισμού στίγματος, που αποτελείται από ένα κύριο σταθμό Κ και δυο δευτερεύοντες σταθμούς Δ<sub>1</sub> και Δ<sub>2</sub>. Με τη διάταξη αυτή των σταθμών Κ, Δ<sub>1</sub> και Δ<sub>2</sub> δημιουργούνται δυο ομάδες ομοεστίων υπερβολών (που αντιστοιχούν στις γραμμές βάσεως ΚΔ<sub>1</sub> και ΚΔ<sub>2</sub>) και το στίγμα του πλοίου, σε οποιοδήποτε σημείο της περιοχής που καλύπτει η αλυσίδα αυτή, προκύπτει από την τομή δυο υπερβολικών γραμμών θέσεως.

Για τον εύκολο και γρήγορο προσδιορισμό του υπερβολικού στίγματος, υπάρχουν ειδικοί χάρτες επάνω στους οποίους είναι σχεδιασμένες οι υπερβολικές γραμμές θέσεως, που αντιστοιχούν σε διάφορες μετρήσεις διαφορών χρόνου ή διαφορών φάσεως (σχ. 3.4).

Εάν η μετρούμενη στο δέκτη του υπερβολικού συστήματος διαφορά χρόνου ή διαφορά φάσεως, δεν συμπίπτει με κάποια από τις τιμές που αντιστοιχούν στις υπερβολικές γραμμές θέσεως, που απεικονίζονται στον αντίστοιχο χάρτη, ο ναυτιλλόμενος μπορεί πολύ εύκολα να χαράξει την ενδιάμεση γραμμή με έναν από τους τρόπους που περιγράφονται στο κεφάλαιο περί LORAN (§ 4.6).

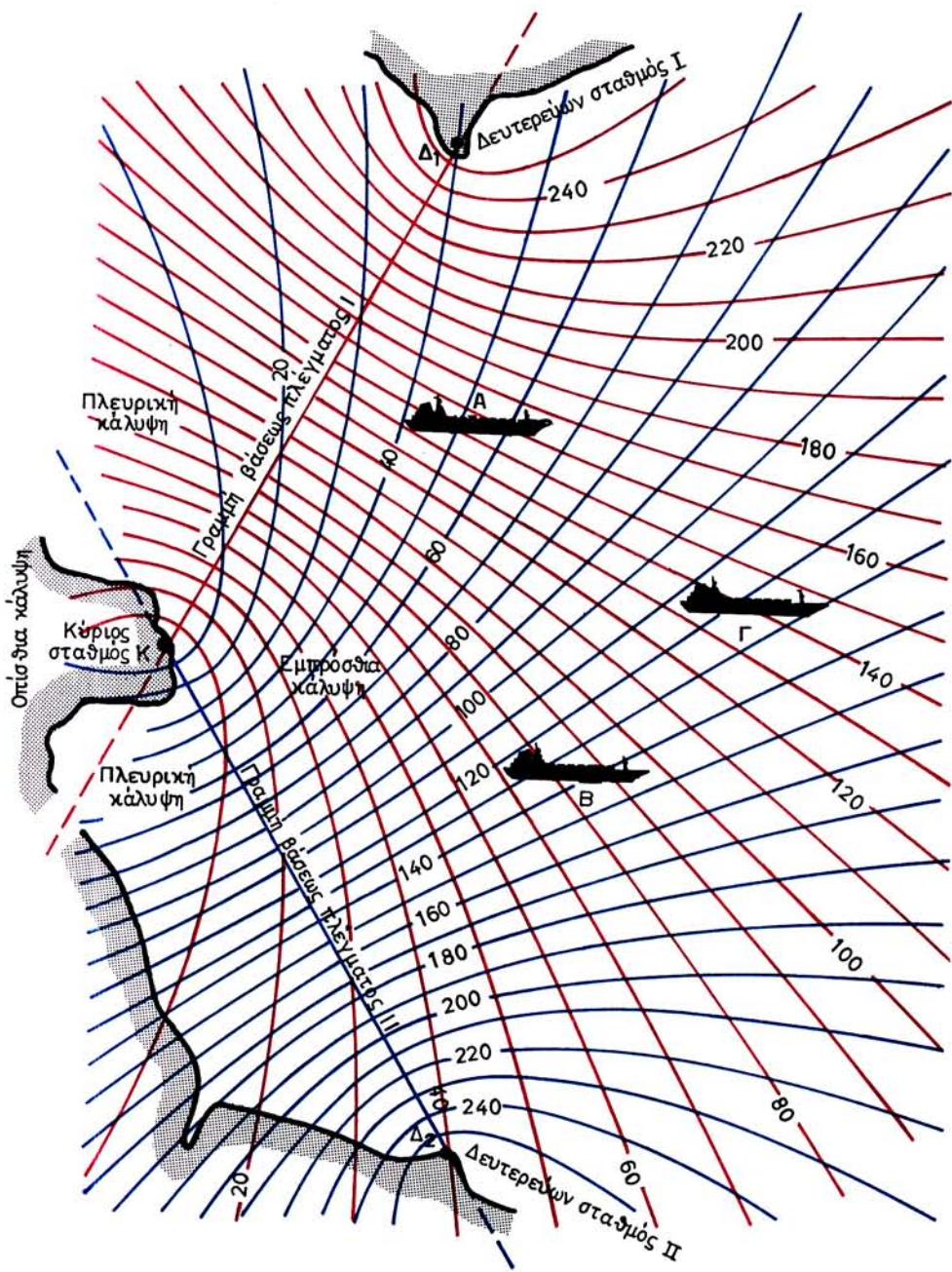
### **3.5 Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ακρίβεια του υπερβολικού στίγματος.**

Η ακρίβεια του στίγματος των υπερβολικών συστημάτων εξαρτάται από διαφορούς παράγοντες, όπως:

- α) Η γεωμετρία του στίγματος.
- β) Η ακρίβεια των εκτελουμένων μετρήσεων.
- γ) Η πραγματική τιμή της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα.
- δ) Αν τα σήματα που λαμβάνονται στο δέκτη του υπερβολικού συστήματος προέρχονται από κύματα εδάφους ή από ουράνια κύματα.

#### **3.5.1 Γεωμετρία στίγματος υπερβολικών συστημάτων.**

Όπως και στους άλλους κλάδους της ναυτιλίας (ακτοπλοΐα και αστρονομι-

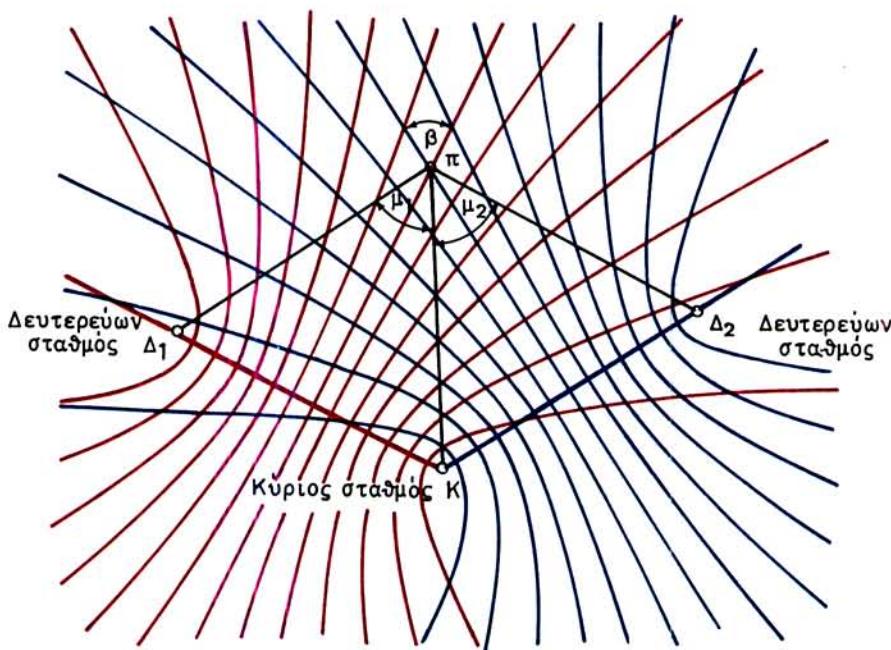


**Σχ. 3.4.**  
Δίκτυο υπερβολικών γραμμών θέσεως.

κή ναυτιλία), έτσι και στην περίπτωση της υπερβολικής ναυτιλίας η ακρίβεια του στίγματος εξαρτάται από τη γωνία με την οποία τέμνονται οι γραμμές θέσεως, που είναι στην περίπτωση αυτή υπερβολές.

Αποδεικνύεται ότι η γωνία  $\theta$  με την οποία τέμνονται δυο υπερβολικές γραμμές θέσεως, που αντιστοιχούν σε δυο γραμμές θάσεως  $K\Delta_1$  και  $K\Delta_2$  (σχ. 3.5a), ισούται με το ημιάθροισμα των γωνιών  $\mu_1$  και  $\mu_2$  με τις οποίες φαίνονται οι αντίστοιχες γραμμές θάσεως από το σημείο τομής.

$$\theta = \frac{\mu_1 + \mu_2}{2}$$



Σχ. 3.5a.  
Γωνία τομής υπερβολικών γραμμών θέσεως.

Στα υπερβολικά συστήματα η ακρίβεια του στίγματος εξαρτάται και από την απόσταση μεταξύ των διαδοχικών υπερβολικών γραμμών θέσεως, η οποία, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.4, δεν είναι σταθερή, αλλά έχει τη μικρότερη τιμή επάνω στη γραμμή θάσεως και αυξάνει όσο απομακρυνόμαστε από αυτήν.

Ας υποθέσουμε κατ' αρχήν ότι ο προσδιορισμός του στίγματος γίνεται με τη μέθοδο της διαφοράς φάσεως και ότι οι μετρήσεις στο δέκτη γίνονται με ακρίβεια ενός εκατοστού του κύκλου, δηλαδή  $3,6^\circ$ . Αυτό σημαίνει ότι οι υπερβολικές γραμμές θέσεως προσδιορίζονται με ακρίβεια ενός εκατοστού του διαύλου. Το εύρος όμως του διαύλου (που επάνω στη γραμμή θάσεως είναι ίσο με το μισό του μήκους κύματος) αυξάνει όσο απομακρυνόμαστε από τη γραμμή θάσεως και επομένως η ακρίβεια του στίγματος εξαρτάται από το εύρος που έχει ο δίαυλος στην περιοχή που γίνονται οι μετρήσεις.

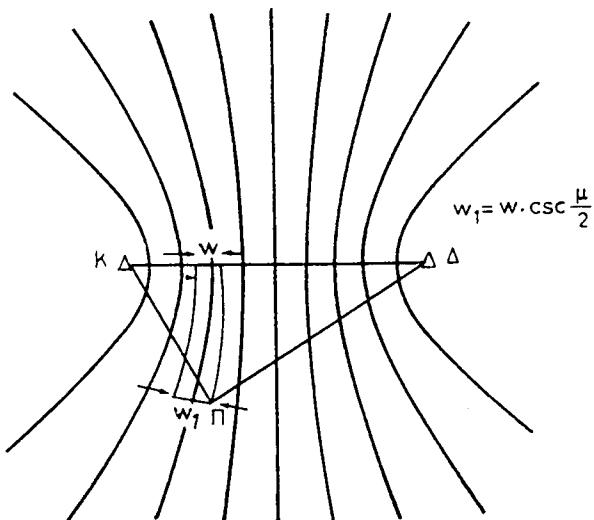
Αποδεικνύεται ότι, αν το εύρος του διαύλου επάνω στη γραμμή θάσεως είναι σε ένα σημείο  $w$  (σχ. 3.56), τότε το εύρος του διαύλου  $w_1$ , σε ένα σημείο Π εκτός της γραμμής θάσεως είναι ίσο με:

$$w_1 = w \cdot \csc \frac{\mu}{2}$$

όπου:  $w$  και  $w_1$ , το εύρος του διαύλου επάνω στη γραμμή θάσεως και σε ένα σημείο Π εκτός της γραμμής θάσεως αντίστοιχα.

$\csc(\mu/2)$  η συντέμονουσα του μισού της γωνίας με την οποία φαίνεται η γραμμή θάσεως από το σημείο Π.

Παρατηρούμε δηλαδή ότι η ακρίβεια του υπερβολικού στίγματος εξαρτάται, εκτός από τη γωνία τομής και από τη διεύρυνση της αποστάσεως μεταξύ των διαδοχικών υπερβολικών γραμμών θέσεως. Πιο συγκεκριμένα, αναφερόμενοι στο σχήμα 3.4 παρατηρούμε, ότι η αναμενόμενη ακρίβεια του στίγματος είναι καλύτερη στα σημεία Α και Β, από ότι στα σημεία Γ και Δ.



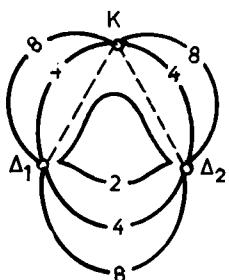
Σχ. 3.56.  
Διεύρυνση διαύλου.

Ένας πρακτικός κανόνας για την επίτευξη ικανοποιητικής ακρίβειας στίγματος υπερβολικής ναυτιλίας, που εξασφαλίζει τον καλύτερο συνδυασμό γωνίας τομής και διευρύνσεως διαύλου, είναι ο εξής:

Το υπερβολικό στίγμα είναι ακριθέστερο, όταν οι γραμμές θάσεως σχηματίζουν γωνία μεταξύ  $120^\circ$  και  $150^\circ$  και το πλοίο βρίσκεται μέσα σ' αυτόν τον τομέα και πλησιέστερα προς τους σταθμούς.

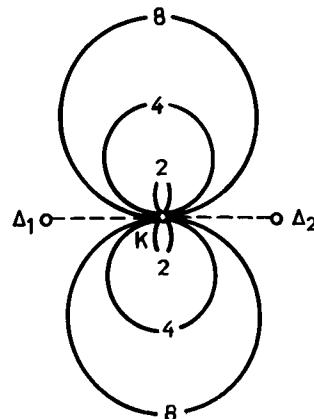
Λεπτομερέστερη ανάλυση της ακρίβειας του στίγματος των υπερβολικών συστημάτων γίνεται στο παράρτημα Α του βιβλίου, όπου παρουσιάζεται σύντομη ανάπτυξη της θεωρίας των ναυτιλιακών σφαλμάτων θέσεως.

Η εκτίμηση της ακρίβειας του στίγματος ενός υπερβολικού συστήματος μπορεί να γίνει και με τη θοήθεια των διαγραμμάτων του σχήματος 3.5γ που



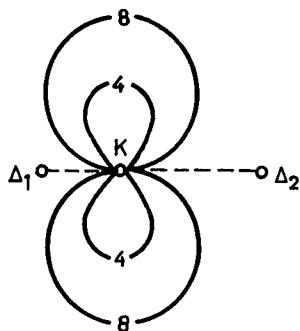
α.

Ίσες γραμμές θάσεως με γωνία  $60^\circ$



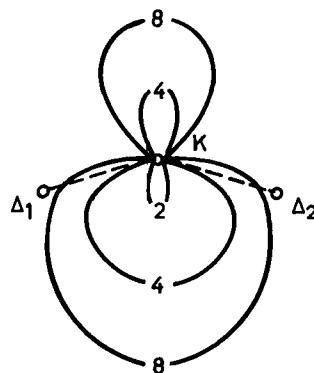
β.

Ίσες γραμμές θάσεως με γωνία  $180^\circ$



γ.

Μια γραμμή θάσεως διπλάσια της  
άλλης με γωνία  $180^\circ$ .

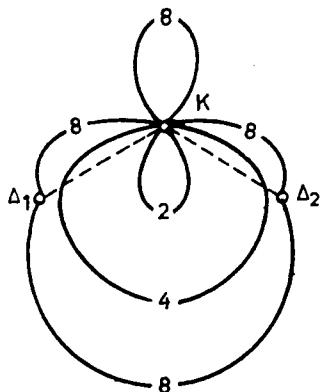


δ.

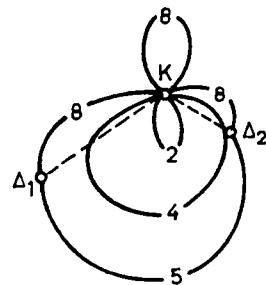
Ίσες γραμμές θάσεως με γωνία  $150^\circ$

Οι μετρήσεις (σε μέτρα) αναφέρονται σε υπερβολικό σύστημα που λειτουργεί στη συχνότητα 1,8 MHz και έχει τυπικό σφάλμα 0,01 διαύλου.

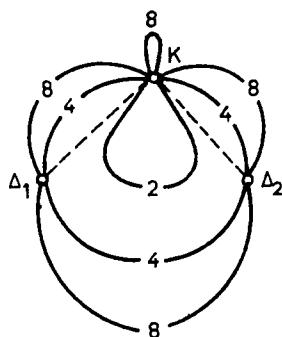
**Σχ. 3.5γ.**  
Καμπύλες ακρίβειας υπερβολικών συστημάτων.



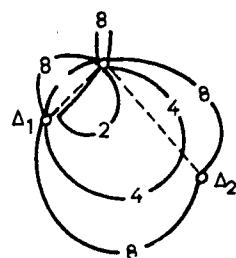
ε.  
Ίσες γραμμές θάσεως με γωνία  $120^\circ$



στ.  
Μία γραμμή θάσεως διπλάσια της  
άλλης με γωνία  $120^\circ$ .



ζ.  
Ίσες γραμμές θάσεως με γωνία  $90^\circ$



η.  
Μία γραμμή θάσεως διπλάσια της  
άλλης με γωνία  $90^\circ$ .

Οι μετρήσεις (σε μέτρα) αναφέρονται σε υπερβολικό σύστημα που λειτουργεί στη συχνότητα 1,8 MHz και έχει τυπικό σφάλμα 0,01 διαύλου.

**Σχ. 3.5γ.**  
Καμπύλες ακρίβειας υπερβολικών συστημάτων.

προέκυψαν από αγαλύσεις της παλαιάς εταιρίας DECCA για κάποιο συγκεκριμένο υπερβολικό σύστημα.

Στην περίπτωση που χρησιμοποιούμε τα διαγράμματα του σχήματος 3.5γ για την εκτίμηση της ακρίβειας του στίγματος οποιουδήποτε υπερβολικού συστήματος, οι καμπύλες ακρίβειας των διαγραμμάτων αυτών δεν απεικονίζουν την πραγματική, αλλά τη σχετική ακρίβεια του στίγματος, δηλαδή για δυο σημεία που βρίσκονται πάνω στις καμπύλες των 2 και 4 την αντίστοιχα, δεν σημαίνει ότι έχουν ακρίβεια 2 και 4 μ, αλλά ότι η ακρίβεια του ενός είναι διπλάσια από την ακρίβεια του άλλου.

### **3.5.2 Ακρίβεια των εκτελουμένων μετρήσεων.**

Είναι προφανές ότι η ακρίβεια του στίγματος εξαρτάται από την ακρίβεια με την οποία γίνονται οι απαραίτητες για τον προσδιορισμό των γραμμών θέσεως μετρήσεις. Αν π.χ. ένας δέκτης ενός υπερβολικού συστήματος, που λειτουργεί με τη μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου, μετρά τις διαφορές χρόνου με ακρίβεια 1 msec, τότε προσδιορίζει το στίγμα με μεγαλύτερη ακρίβεια από αυτήν ενός άλλου δέκτη που μετρά τις διαφορές χρόνου με ακρίβεια 2 msec.

### **3.5.3 Ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.**

Όπως είδαμε προηγούμενα, για τον προδιορισμό των υπερβολικών γραμμών θέσεως θεωρήσαμε ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται στην ατμόσφαιρα με μια σταθερή και γνωστή ταχύτητα. Στην πραγματικότητα η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είναι σταθερή μόνο στην περίπτωση που η διάδοση γίνεται σε ένα ομοιογενές μέσο διαδόσεως.

Επειδή όμως η ατμόσφαιρα δεν είναι ομοιογενής (διαφορές πυκνότητας, θερμοκρασίας, υγρασίας, αγωγιμότητας κλπ.), η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων υφίσταται ορισμένες διακυμάνσεις που δημιουργούν μείωση της ακρίβειας του στίγματος. Η μείωση της ακρίβειας του στίγματος, λόγω μεταβολής της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα, γίνεται περισσότερο σημαντική και υπολογίσιμη στις περιπτώσεις που το πλοίο θρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από τους σταθμούς ξηράς, οπότε τα εκπεμπόμενα από τους σταθμούς σήματα διαδίδονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις.

Στις περιπτώσεις αυτές είναι απαραίτητο να γίνονται ανάλογες διορθώσεις.

### **3.5.4 Διάδοση σημάτων με ουράνια κύματα.**

Για τον προδιορισμό των υπερβολικών γραμμών θέσεως, γίνονται μετρήσεις (διαφορών χρόνου ή διαφορών φάσεως) των σημάτων που εκπέμπονται από τους σταθμούς του υπερβολικού συστήματος και διαδίδονται με κύμα εδάφους. Εν τούτοις, ανάλογα με την απόσταση του πλοίου από τους σταθμούς, τα λαμβανόμενα στο δέκτη σήματα είναι δυνατόν ορισμένες φορές να προέρχονται από ουράνιο κύμα. Στην περίπτωση αυτή πρέπει να γίνουν διορθώσεις των μετρήσεων για την αναγωγή τους στα αντίστοιχα κύματα εδάφους (κεφ. 4 και 5).

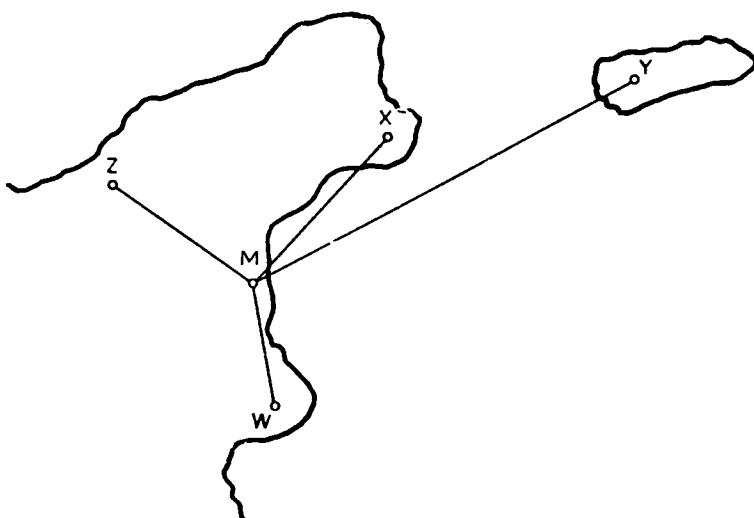
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ LORAN-C

#### 4.1 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος LORAN-C.

Το LORAN - C<sup>(1)</sup> είναι ένα υπερβολικό σύστημα προσδιορισμού στίγματος μεγάλης εμβέλειας, όπου ο προσδιορισμός των υπερβολικών γραμμών θέσεως γίνεται με τη μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου και τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως, όπως θα επεξηγηθεί στη συνέχεια.

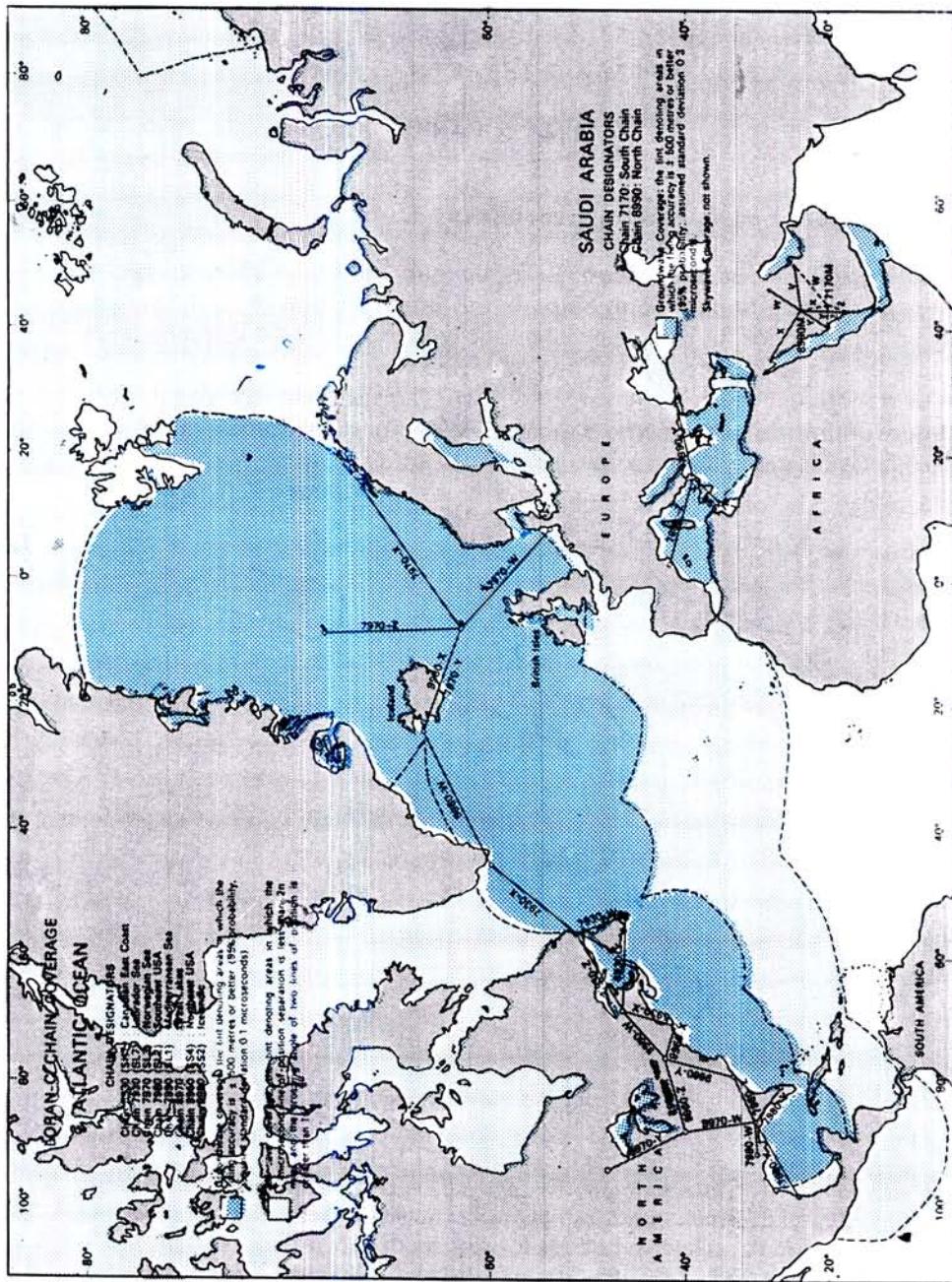
Για τον προσδιορισμό του στίγματος LORAN - C σε μια περιοχή χρησιμοποιούνται οι σταθμοί της αντίστοιχης αλυσίδας. Μία αλυσίδα σταθμών LORAN - C (σχ. 4.1a) αποτελείται από ένα κύριο σταθμό M και δυο, τρεις ή και τέσσερις δευτερεύοντες σταθμούς που συμβολίζονται με τα γράμματα X, Y, Z και W. Ο



Σχ. 4.1a.  
Τυπική διάταξη των σταθμών μιας αλυσίδας LORAN-C.

(1) Η ονομασία LORAN προέρχεται από τα αρχικά Long Range Navigation. Το σύστημα αυτό δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου από τις ΗΠΑ για την παροχή στίγματος ακρίβειας σε πλοία και αεροσκάφη. Το σύστημα αυτό λειτούργησε σε συχνότητες MF (1850-1950 kHz) και ήταν γνωστό σαν LORAN-A.

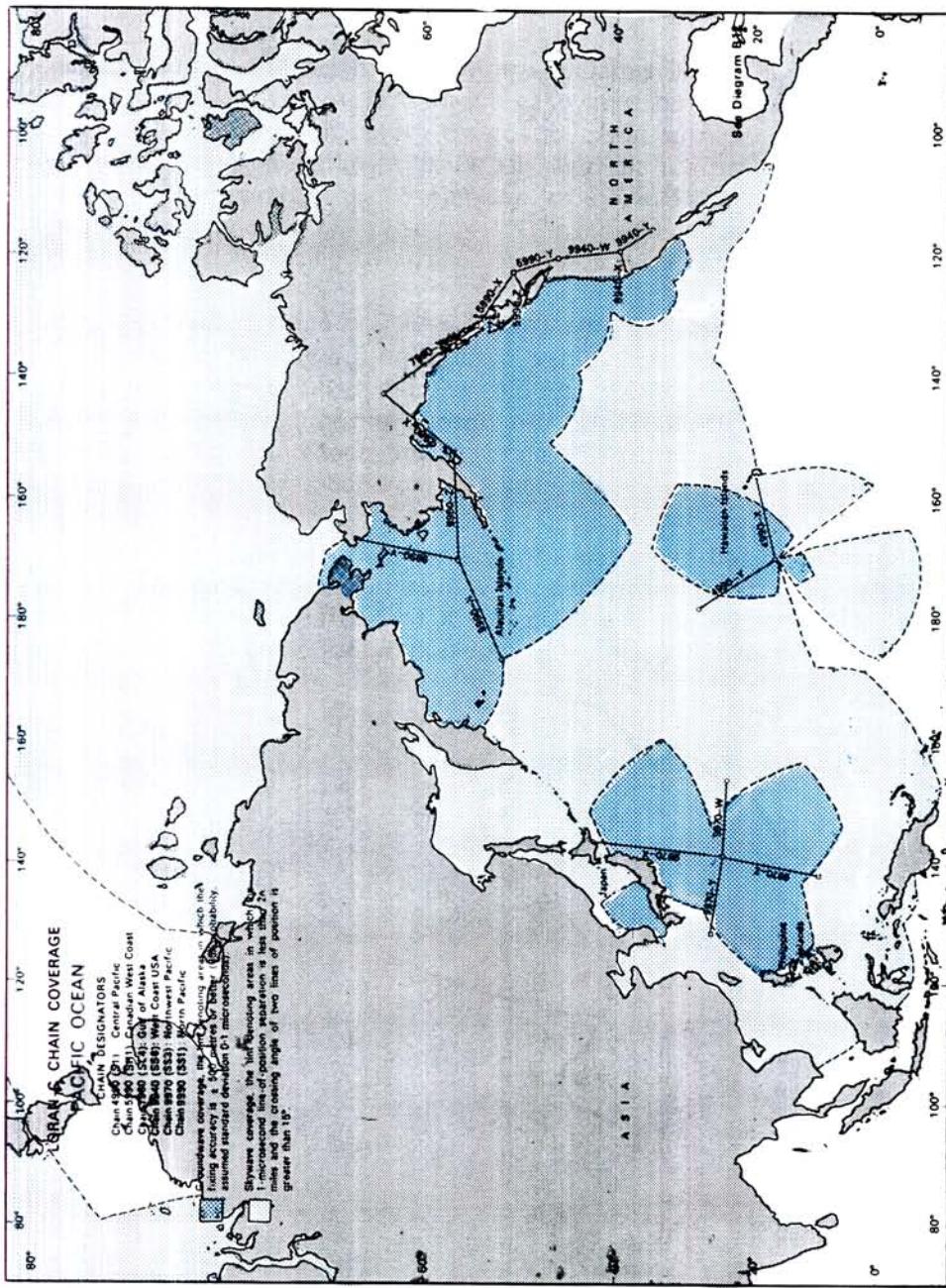
Περί το τέλος της δεκαετίας του 1950 άρχισε ένα πρόγραμμα δημιουργίας μιας νέας γενιάς του συστήματος. Το νέο σύστημα ονομάσθηκε LORAN-C και σήμερα έχει αντικαταστήσει το LORAN-A.



ΣΧ. 4.16.

Αλυσίδες LORAN-C (περιοχή Αιγαίου-Μεσογείου)

(Από την έκδοση Admiralty List of Radio Signals Vol 5α του Βρετ Ναυαρχείου)

**ΣΧ. 4.1γ.**

Άλυσιδες LORAN-C (περιοχή Ευρωπαϊκού)

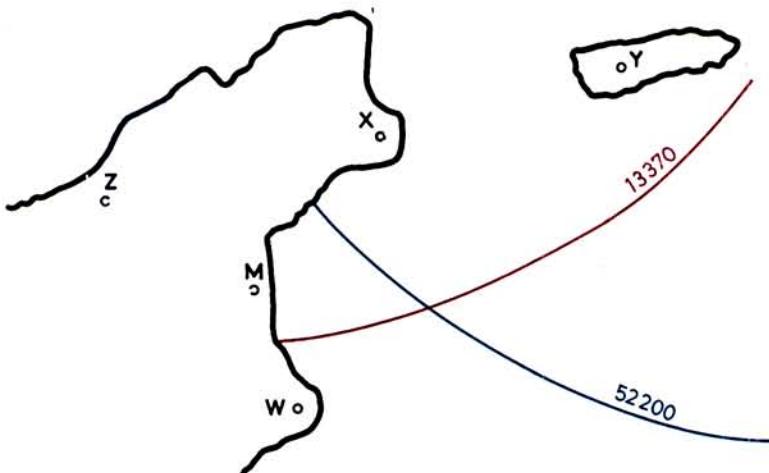
(Από την έκδοση Admiralty List of Radio Signals Vol 5a του Βρετ Ναυαρχείου)

κύριος σταθμός της αλυσίδας βρίσκεται συνήθως στο κέντρο της περιοχής και οι δευτερεύοντες είναι εγκατεστημένοι γύρω από τον κύριο. Στα σχήματα 4.1β και 4.1γ φαίνονται οι αλυσίδες και οι περιοχές καλύψεως του συστήματος LORAN-C.

Κάθε σταθμός LORAN-C εκπέμπει στη συχνότητα των 100 kHz ένα παλμικό σήμα που διαδίδεται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Ανάλογα με την ισχύ των σταθμών, το λόγο σήματος προς θόρυβο στην περιοχή χρησιμοποιήσεως, την ευαισθησία του δέκτη και τις απώλειες κατά τη διάδοση, οι εκπομπές των σταθμών LORAN-C που διαδίδονται με κύμα εδάφους, είναι δυνατό να ληφθούν σε αποστάσεις από 800 μέχρι 1200 ναυτικά μίλια. μεγαλύτερες εμβέλειες (μέχρι και 2500 ναυτικά μίλια) είναι δυνατό να επιτευχθούν με τη λήψη ουράνιου κύματος.

Για τον προσδιορισμό του στίγματος LORAN-C ο δέκτης του συστήματος (§ 4.9) που βρίσκεται στο πλοίο μετρά τη διαφορά του χρόνου σε μικροδευτερόλεπτα (μsec)<sup>(2)</sup>, με την οποία λαμβάνει τα προερχόμενα από τον κύριο και κάθε δευτερεύοντα σταθμό παλμικά σήματα. Η μετρούμενη για κάθε ζεύγος κύριου-δευτερεύοντα σταθμού διαφορά χρόνου προδιορίζει μια υπερβολική γραμμή θέσεως (κεφ. 3) ενώ το στίγμα του πλοίου προκύπτει από την τιμή δυο υπερβολικών γραμμών θέσεως.

Στο παράδειγμα του σχήματος 4.1δ, για τον προσδιορισμό του στίγματος του πλοίου, ο δέκτης μετρά τη διαφορά χρόνου με την οποία λαμβάνονται τα εκπεμπόμενα από τον κύριο σταθμό M και το δευτερεύοντα W σήματα, η οποία έστω ότι είναι 13370 μsec. Η μετρηθείσα διαφορά χρόνου προσδιορίζει



Σχ. 4.1δ.

Καθορισμός στίγματος με μέτρηση δυο διαφορών χρόνου με το δέκτη LORAN-C

(2)Το μικροδευτερόλεπτο (microsecond), που συμβολίζεται με μsec, είναι το ένα εκατομμυριοστό του δευτερολέπτου ( $1 \text{ μsec} = 10^{-6} \text{ sec}$ ).

την αντίστοιχη υπερβολική γραμμή θέσεως. Αν τώρα μετρηθεί και μια δεύτερη διαφορά χρόνου μεταξύ των χρονικών στιγμών λήψεως των σημάτων, που εκπέμπονται από τον κύριο σταθμό M και το δευτερεύοντα X, η οποία έστω ότι είναι 52.200 μsec, το στίγμα του πλοίου προσδιορίζεται από την τομή των δυο υπερβολικών γραμμών θέσεως που αντιστοιχούν στις δυο μετρηθείσεις διαφορές χρόνου.

Στην πράξη ο ναυτιλλόμενος προσδιορίζει το στίγμα LORAN - C με έναν από τους επόμενους τρόπους:

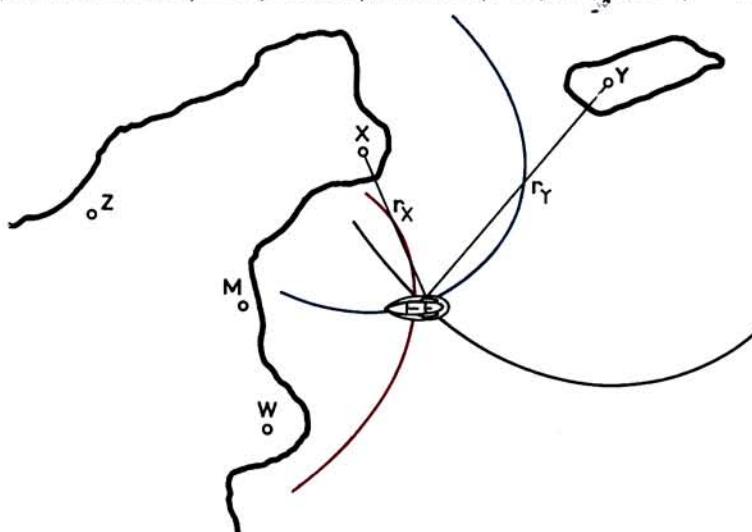
a) Με τη χρησιμοποίηση ειδικών χαρτών LORAN - C επάνω στους οποίους είναι σχεδιασμένες οι υπερβολικές γραμμές θέσεως που αντιστοιχούν στις μετρούμενες διαφορές χρόνου (§ 4.6).

b) Με τη χρησιμοποίηση πινάκων, συνήθως όταν δεν έχει στη διάθεσή τους ειδικούς χάρτες LORAN-C (§ 4.7).

γ) Απ' ευθείας από τις ενδείξεις πλάτους και μήκους που παρέχουν ορισμένοι εξελιγμένοι σύγχρονοι δέκτες (§ 4.9).

#### 4.1.1 Λειτουργία του LORAN-C σε κυκλική μορφή.

Αν και το σύστημα LORAN-C έχει σχεδιασθεί και χρησιμοποιείται σαν υπερβολικό, είναι δυνατό να λειτουργήσει και σαν κυκλικό, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει δυνατότητα για ακριβή μέτρηση του χρόνου που απαιτείται για τη διάδοση των σημάτων του LORAN-C από τους σταθμούς εκπομπής μέχρι το δέκτη του πλοίου. Στην περίπτωση αυτή (σχ. 4.1ε) το στίγμα του πλοίου προσδιορίζεται από την τομή δυο τουλάχιστον κυκλικών γραμμών θέσεως, που αντιστοιχούν στις αποστάσεις του πλοίου από τους αντίστοιχους σταθμούς LORAN - C. (Η απόσταση  $r_i$  του πλοίου από κάθε σταθμό ισούται με το γινόμενο του χρόνου  $t_i$  διαδόσεως του σήματος από το σταθμό μέχρι το πλοίο επί την ταχύτητα  $c$  διαδόσεως των ραδιοκυμάτων στην ατμόσφαιρα:  $r_i = c \cdot t_i$ ).



Σχ. 4.1ε.

Λειτουργία του συστήματος LORAN-C σε κυκλική μορφή

Οι δέκτες ενός κυκλικού συστήματος LORAN-C (LORAN-C RHO RHO) αποτελείται από έναν κοινό δέκτη, ένα ατομικό χρονόμετρο και έναν υπολογιστή. Λόγω του πολύ υψηλού κόστους του ατομικού χρονομέτρου οι δέκτες αυτοί, παρά τα πλεονεκτήματά τους (χρησιμοποίηση μόνο δύο σταθμών αντί τριών του υπερβολικού συστήματος και η επίτευξη πολύ μεγαλύτερης ακρίβειας στίγματος) δεν έχουν ακόμη διαδοθεί όσο θα έπρεπε.

#### **4.1.2 Προοπτικές του συστήματος LORAN-C**

Το παγκόσμιο δίκτυο των σταθμών του συστήματος LORAN-C που περιγράφεται στη συνέχεια (§ 4.8), έχει εγκατασταθεί και χρηματοδοτείται από την κυβερνηση των ΗΠΑ, η οποία περί το 1987 έχει γνωστοποιήσει την πρόθεσή της να διακόψει οριστικά την υποστήριξη και λειτουργία των σταθμών LORAN-C που βρίσκονται εκτός ΗΠΑ κατά το έτος 1994 λόγω της αναμενόμενης πλήρους ενεργοποίησεως του νέου δορυφορικού συστήματος προσδιορισμού στίγματος GPS (κεφ. 9).

Οι ΗΠΑ έχουν επίσης γνωστοποιήσει ότι θα συνεχίσουν την λειτουργία των σταθμών LORAN-C στις ακτές των ΗΠΑ και μετά το 1994, τουλάχιστον μέχρι το 2005, ενώ οι υφιστάμενοι στις άλλες περιοχές σταθμοί LORAN-C θα χορηγηθούν δωρεάν στα κράτη που τυχόν θα επιθυμούσαν να συνεχίσουν τη λειτουργία τους με δικά τους έξοδα.

Με βάση τα παραπάνω διεξάγονται συνεννοήσεις μεταξύ των ΗΠΑ και των κρατών κάθε περιοχής που υπάρχει αλυσίδα σταθμών LORAN-C (§ 4.2) προκειμένου να αποφασιστεί εάν θα συνεχιστεί η λειτουργία του συστήματος LORAN-C και με ποιο τρόπο.

Μέχρι σήμερα έχει ληφθεί απόφαση για τη διατήρηση του δικτύου σταθμών της Β. Ευρώπης, ενώ για τους σταθμούς της Μεσογείου θαλάσσης το θέμα αντιμετωπίζεται μεν θετικά από τις μεσογειακές χώρες, χωρίς όμως να έχει επέλθει πλήρης συμφωνία για τη συνέχιση της λειτουργίας των σταθμών μετά το 1994, λόγω της αδυναμίας ευρέσεως οικονομικών πόρων.

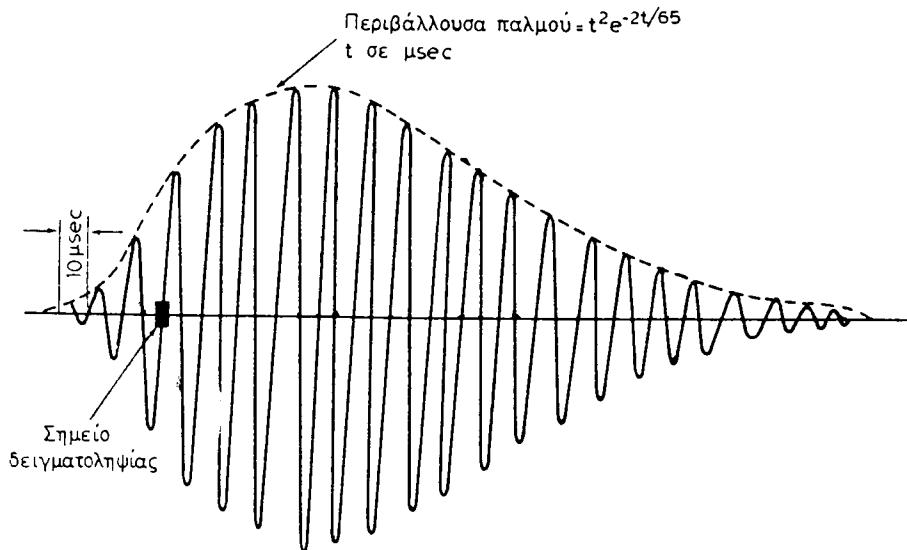
#### **4.2 Οι σταθμοί LORAN-C.**

##### **4.2.1 Χαρακτηριστικά εκπεμπομένων από τους σταθμούς LORAN - C σημάτων.**

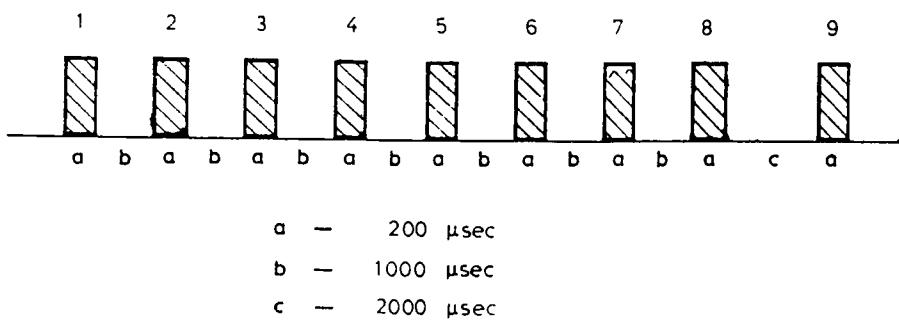
Κάθε σταθμός μιας αλυσίδας LORAN-C εκπέμπει διαδοχικά ένα παλμικό σήμα που έχει: οκτώ παλμούς, αν εκπέμπεται από δευτερεύοντα σταθμό, και εννέα, αν εκπέμπεται από τον κύριο σταθμό της αλυσίδας.

Οι παλμοί που εκπέμπονται από τους σταθμούς LORAN-C διαρκούν 200 μισεκ και αποτελούνται από ένα ημιτονοειδές σήμα 100 kHz διαμορφωμένο κατά πλάτος (σχ. 4.2a).

Κάθε παλμός του εκπεμπόμενου από τους σταθμούς LORAN-C παλμικού σήματος, εκπέμπεται μετά από χρονικό διάλειμμα 1000 μισεκ από την εκπομπή του προηγούμενου. Η εκπομπή του ένατου παλμού από τον κύριο σταθμό γίνεται μετά από παρέλευση 2000 μισεκ από την εκπομπή του όγδοου (σχ. 4.2b).



**Σχ. 4.2a.**  
Χαρακτηριστική μορφή παλμού εκπεμπόμενου σήματος LORAN-C.



**Σχ. 4.2b.**  
Ομάδα παλμών ενός σήματος LORAN-C  
(ο ένατος παλμός εκπέμπεται μόνο από τον κύριο σταθμό).

Ο κύκλος εκπομπής των σταθμών μιας αλυσίδας ολοκληρώνεται και επαναλαμβάνεται μέσα σε ένα συγκεκριμένο και χαρακτηριστικό για κάθε αλυσίδα χρονικό διάστημα, που λέγεται **διάλειμμα επαναλήψεως** (recurrence interval) ή **διάλειμμα επαναλήψεως παλμών ομάδας** (Group Repetition Interval) και συμβολίζεται με GRI)

Κατά τη διάρκεια ενός διαλείμματος επαναλήψεως (GRI) (σχ. 4.2γ), που έστω ότι είναι 50000 μsec, εκπέμπουν διαδοχικά:

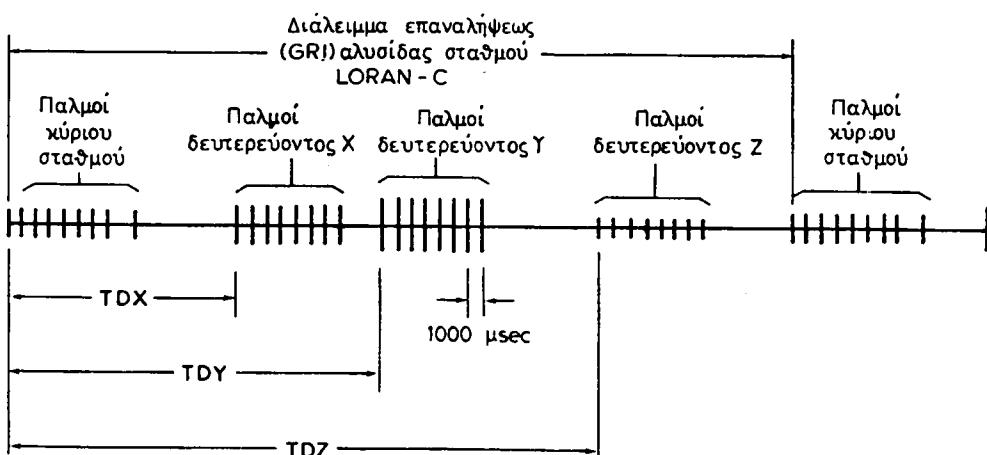
α) Ο κύριος σταθμός στην αρχή του διαλείμματος επαναλήψεως GRI (σχ. 4.2γ).

β) Ο δευτερεύων σταθμός χ μετά από παρέλευση ενός χρονικού διαστήματος TDX από την αρχή του διαλείμματος επαναλήψεως GRI (σχ. 4.2γ).

γ) Ο δευτερεύων σταθμός Y μετά από παρέλευση ενός χρονικού διαστήματος TDY από την αρχή του διαλείμματος επαναλήψεως GRI (σχ. 4.2γ).

δ) Οι δευτερεύοντες Z και W (όπου υπάρχουν) μετά από παρέλευση χρονικών διαστημάτων TDZ και TDW αντίστοιχα από την αρχή του διαλείμματος επαναλήψεως GRI (σχ. 4.2γ).

Με την παραπάνω διαδικασία παρατηρούμε, ότι ο χρόνος του διαλείμματος επαναλήψεως GRI κατανέμεται για εκπομπή μεταξύ των σταθμών της αλυσίδας. Η μέθοδος αυτή της διαδοχικής λειτουργίας κάθε σταθμού σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα του κύκλου εκπομπής GRI λέγεται μέθοδος **καταμερισμού χρόνου** (time sharing).



Σχ. 4.2γ.

Εκπομπή σημάτων από τους σταθμούς αλυσίδας LORAN-C σε ένα διάλειμμα επαναλήψεως GRI.

Το διάλειμμα επαναλήψεως GRI που χρησιμοποιείται για κάθε αλυσίδα σταθμών LORAN-C είναι μοναδικό και χαρακτηρίζει την αλυσίδα (πίνακας 4.2.1). Η αλυσίδα των σταθμών LORAN-C της Μεσογείου χαρακτηρίζεται από το GRI 7990, της Βόρειας Θάλασσας από το GRI 7970 κ.ο.κ. Οι αριθμοί 7990 κλπ. φανερώνουν το GRI σε δεκάδες, δηλαδή ο αριθμός 7990 φανερώνει ότι το GRI είναι 7990 μsec κλπ.

#### 4.2.2 Συγχρονισμός των εκπεμπομένων από τους σταθμούς LORAN-C σημάτων και εντοπισμός ανωμαλιών.

Η εκπομπή των σταθμών μιας αλυσίδας με τη μέθοδο καταμερισμού χρόνου, που αναπτύχθηκε (§ 4.2.1), γίνεται με τη χρησιμοποίηση από κάθε σταθμό συγχρονισμένων ωρολογίων μεγάλης ακρίβειας. Με τη βοήθεια των ωρολογίων αυτών κάθε σταθμός της αλυσίδας εκπέμπει με μεγάλη χρονική ακρίβεια στο αντίστοιχο τμήμα του GRI.

Για την αποτελεσματική και ακριβή λειτουργία του LORAN-C, οι διαφορές

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.1**  
**Αλυσίδες σταθμών LORAN - C**

ΠΕΡΙΟΧΗ	GRI
NORTH PACIFIC.....	9990
NORTH PACIFIC (Reconfigured Chain) .....	7930
CENTRAL PACIFIC.....	4990
NORTHWEST PACIFIC .....	9970
GULF OF ALASKA .....	7960
CANADA WEST COAST .....	5990
U.S.A WEST COAST.....	9940
CANADA EAST COAST .....	5930
U.S.A. NORTHEAST .....	7980
NORWEGIAN SEA.....	7970
MEDITERRANEAN SEA .....	7990
LABRADOR SEA.....	7930
ICELAND.....	9980
SAUDI ARABIA NORTH CHAIN.....	8990
SAUDI ARABIA SOUTH CHAIN .....	7170

χρόνου εκπομπής (TD) των σημάτων κάθε ζεύγους κύριου-δευτερεύοντος σταθμού πρέπει να παραμένουν σταθερές σε όλη την περιοχή καλύψεως.

Για το λόγο αυτό, προκειμένου να εντοπισθούν και να περιορισθούν τυχόν παρουσιαζόμενες αλλαγές στη διαφορά χρόνου εκπομπής κύριου-δευτερεύοντος, σε κάθε περιοχή καλύψεως υπάρχουν ένας ή περισσότεροι σταθμοί παρακολουθήσεως του συστήματος (System Area Monitor-SAM).

Οι σταθμοί παρακολουθήσεως του συστήματος μετρούν συνεχώς τις διαφαρές χρόνου εκπομπής κάθε ζεύγους κύριου-δευτερεύοντος, όταν δε εντοπισθούν διαφορές μεγαλύτερες από 100 νανοδευτερόλεπτα<sup>(1)</sup>, αρχίζει μια κωδικοποιημένη μορσική σήμανση του ένατου παλμού του κύριου σταθμού, που γνωστοποιεί στους χρήστες ότι οι παρεχόμενες διαφορές χρόνου περιέχουν σφάλμα και δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό του στίγματος (πίνακας 4.2.2).

#### **4.2.3 Συντονισμός (*Calibration*) του συστήματος LORAN-C.**

Όταν πρόκειται να δημιουργηθεί μια νέα αλυσίδα σταθμών LORAN-C ή όταν προστίθεται ένας επί πλέον δευτερεύων σταθμός σε κάποια αλυσίδα, καθώς και ανά τακτά χρονικά διαστήματα μετά την εγκατάσταση, πρέπει να εκτελείται συντονισμός των σταθμών της αλυσίδας.

Ο συντονισμός γίνεται με καταγραφή των διαφορών χρόνου που αντιστοιχούν στα διάφορα ζεύγη κύριου-δευτερεύοντος σε ένα σύνολο σημείων γνωστών συντεταγμένων της περιοχής καλύψεως προκειμένου να:

- α) Επαληθευθεί ότι οι σταθμοί της αλυσίδας είναι συγχρονισμένοι και λει-

(1)Το νανοδευτερόλεπτο (nanosecond) συμβολίζεται με nsec και είναι το δισεκατομμύριο-στό του δευτερόλεπτου (1nsec =  $10^{-9}$ sec).

τουργούν κανονικά.

θ) Καθορισθούν οι διαφορές χρόνου, που θα χρησιμοποιούνται σαν βάση για τον περαιτέρω συγχρονισμό των εκπεμπομένων από τους σταθμούς της αλυσίδας σημάτων.

γ) Επαληθευθεί η ακρίβεια των χρησιμοποιουμένων διαφορών χρόνου.

δ) Παρασχεθούν στοιχεία για εκτέλεση υδρογραφικών αποτυπώσεων μεγάλης ακρίβειας και προσδιορισμό της αγωγιμότητας της επιφάνειας της γης.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.2.2**  
**Κώδικες ένατου παλμού σήματος κύριου σταθμού LORAN-C**

Ακατάλληλες διαφορές χρόνου	ΚΩΔΙΚΕΣ 12 δευτερόλεπτα
NONE	— — — — — — — — — — — —
X	- - - - -
Y	- - - - - - - -
Z	- - - - - - - - - -
W	- - - - - - - - - - - -
XY	- - - - - - - -
XZ	- - - - - - - - - -
XW	- - - - - - - - - - - -
YZ	- - - - - - - - - -
YW	- - - - - - - - - - - -
ZW	- - - - - - - - - - - -
XYZ	- - - - - - - - - - - -
XYW	- - - - - - - - - - - -
XZW	- - - - - - - - - - - -
YZW	- - - - - - - - - - - -
XYZW	- - - - - - - - - - - -

ΕΝΑΤΟΣ ΠΑΛΜΟΣ ΚΥΡΙΟΥ ΣΤΑΘΜΟΥ:

= περίου 0,25 δευτερόλεπτα

= περίου 0,75 δευτερόλεπτα

#### 4.3 Μέτρηση της διαφοράς χρόνου στο δέκτη LORAN-C.

Η μέτρηση της διαφοράς χρόνου μεταξύ των χρονικών στιγμών λήψεως των εκπομπών του κύριου και ενός δευτερεύοντα σταθμού LORAN-C γίνεται σε δυο διαδοχικά στάδια (χονδρική και ακριθής μέτρηση), όπως επεξηγείται στη συνέχεια.

##### 4.3.1 Το πρόβλημα της αναμίξεως ουράνιου κύματος με κύμα εδάφους.

Το εκπεμπόμενο από ένα σταθμό LORAN-C σήμα είναι δυνατό να διαδοθεί είτε μέσω κύματος εδάφους είτε μέσω ουράνιου κύματος. Το ουράνιο κύμα λαμβάνεται στο δέκτη μετά από τη λήψη του κύματος εδάφους και, όπως έχει διαπιστωθεί από συστηματικές παρατηρήσεις, το ουράνιο κύμα λαμβάνεται στο δέκτη μετά από παρέλευση 35 μέχρι 1000 msec από τη λήψη του κύματος εδάφους. Στην περίπτωση που το ουράνιο κύμα φθάνει στο δέκτη με καθυστέρηση 35 msec, κάθε παλμός που διαδίδεται με ουράνιο κύμα αναμιγνύεται (επικαλύπτεται) με τον ίδιο παλμό που διαδίδεται με κύμα εδάφους. Όταν το ουράνιο κύμα φθάνει στο δέκτη με καθυστέρηση 1000 msec κάθε παλμός του ουράνιου κύματος αναμιγνύεται με τον επόμενο παλμό του κύματος εδάφους.

Προκειμένου να παρακαμφθούν τα προβλήματα από την ανάμιξη ουράνιου κύματος και κύματος εδάφους στον ίδιο παλμό, η επεξεργασία των σημάτων LORAN-C στο δέκτη γίνεται στα πρώτα 35 msec από την αρχική τους λήψη. Η ανάμιξη ουράνιου κύματος με τον επόμενο παλμό (καθυστέρηση 1000 msec) παρακάμπται με αλλαγή της φάσεως του φέροντος σήματος των 100 kHz σε κάθε παλμό του σήματος κάθε σταθμού, σύμφωνα με ένα προκαθορισμένο τρόπο που φαίνεται στον πίνακα 4.3.1. Η κωδικοποιημένη αλλαγή της φάσεως

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.1**  
**Κωδικοποίηση φάσεως εκπομπών LORAN-C**

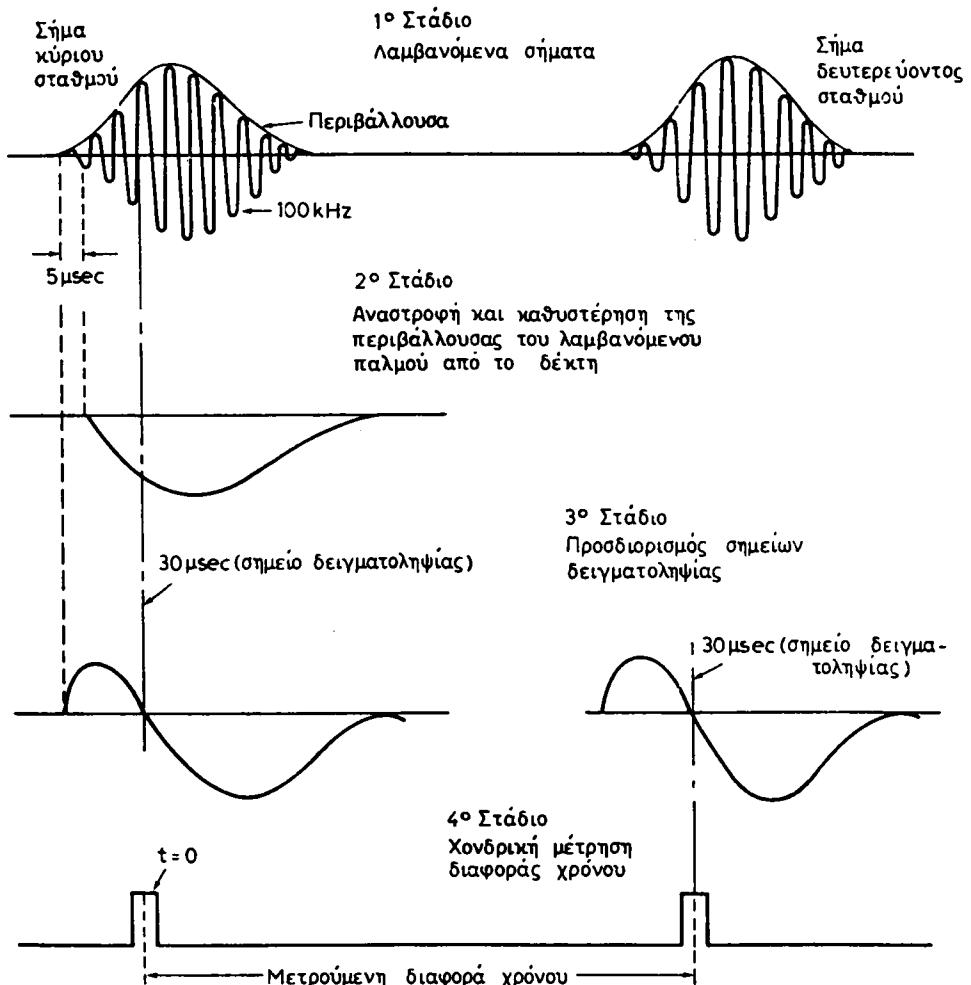
	Κύριος	Δευτερεύων
		+++---+
GRI A	++---++-	+++---+
GRI B	+---++++-	+---++-

Σημείωση: (+) δείχνει μηδενική φάση φέροντος  
(-) δείχνει φάση φέροντος 180°

των εκπεμπομένων από τους σταθμούς LORAN-C σημάτων χρησιμοποιείται από ορισμένους αυτόματους δέκτες για την αναγνώριση των σταθμών από όπου εκπέμπονται τα σήματα.

##### 4.3.2 Χονδρική μέτρηση της διαφοράς χρόνου.

Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η χονδρική μέτρηση της διαφοράς χρόνου στο δέκτη LORAN-C φαίνεται στο σχήμα 4.3. Ο δέκτης όταν λάθει το σήμα



Σχ. 4.3.

Προσδιορισμός σημείου δειγματοληψίας και χονδρική μέτρηση διαφοράς χρόνου στο δέκτη LORAN-C.

ενός σταθμού, δημιουργεί καθυστέρηση 5 μsec, το αντιστρέφει και στη συνέχεια το προσθέτει στο αρχικό σήμα, από το οποίο έχει μια χρονική καθυστέρηση 5 μsec. Το σήμα που προκύπτει με αυτόν τον τρόπο τέμνει τον οριζόντιο άξονα στο σημείο δειγματοληψίας του κύριου και δευτερεύοντα σταθμού και το μεταξύ τους χρονικό διάστημα αντιπροσωπεύει τη χονδρική μέτρηση του χρόνου.

#### 4.3.3 Ακριβής μέτρηση της διαφοράς χρόνου.

Μετά από τη χονδρική μέτρηση της διαφοράς χρόνου στο δέκτη LORAN-C ακολουθεί η ακριβής μέτρηση της διαφοράς χρόνου, που γίνεται με τη μέθοδο

συγκρίσεως φάσεως (θλ. κεφ. 3).

Επειδή τα σήματα του κύριου και δευτερεύοντα σταθμού LORAN-C δεν φθάνουν στο δέκτη την ίδια ακριβώς στιγμή, δεν είναι δυνατό να γίνει άμεση σύγκριση της φάσεώς τους, αλλά η σύγκριση αυτή γίνεται μέσω ενός σήματος αναφοράς που δημιουργείται στο δέκτη. Το σήμα αναφοράς του δέκτη παράγεται από ένα ταλαντωτή σταθερής συχνότητας και η φάση του παραμένει συνεχώς ίδια με τη φάση του σήματος του κύριου σταθμού. Με τον τρόπο αυτό η σύγκριση της φάσεως του σήματος του δευτερεύοντα και του πρωτεύοντα γίνεται έμμεσα με τη σύγκριση της φάσεως του σήματος του δευτερεύοντα με τη φάση του σήματος αναφοράς του δέκτη.

Η μέτρηση της διαφοράς φάσεως των σημάτων του κύριου και του δευτερεύοντα σταθμού, που δίνει την ακριβή μέτρηση τη διαφοράς χρόνου, γίνεται στα σημεία δειγματοληψίας των σημάτων αυτών (30 μεσ ή μετά την αρχή του παλμού).

#### **4.4 Λήψη κυμάτων εδάφους και ουρανίων κυμάτων από το δέκτη LORAN-C.**

Όπως αναφέρθηκε προηγούμενα (§ 4.1 και 4.3), τα εκπεμπόμενα από τους σταθμούς LORAN-C σήματα διαδίδονται τόσο με κύμα εδάφους όσο και με ουράνιο κύμα. Το κύμα εδάφους διαδίδεται σε αποστάσεις 800 μέχρι 1200 ν. μίλια ανάλογα με την ισχύ του σταθμού εκπομπής, την ευαισθησία του δέκτη και τις απώλειες κατά τη διάδοση. Το ουράνιο κύμα διαδίδεται σε πολύ μεγαλύτερες αποστάσεις, που φθάνουν μέχρι τα 2500 ναυτικά μίλια (κύμα απλής ανακλάσεως στην ιονόσφαιρα). Φυσικά στην περίπτωση αυτή μειώνεται η ακρίβεια του στίγματος (§ 4.4).

##### **4.4.1 Πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησεως εκπομπών χαμηλής συχνότητας.**

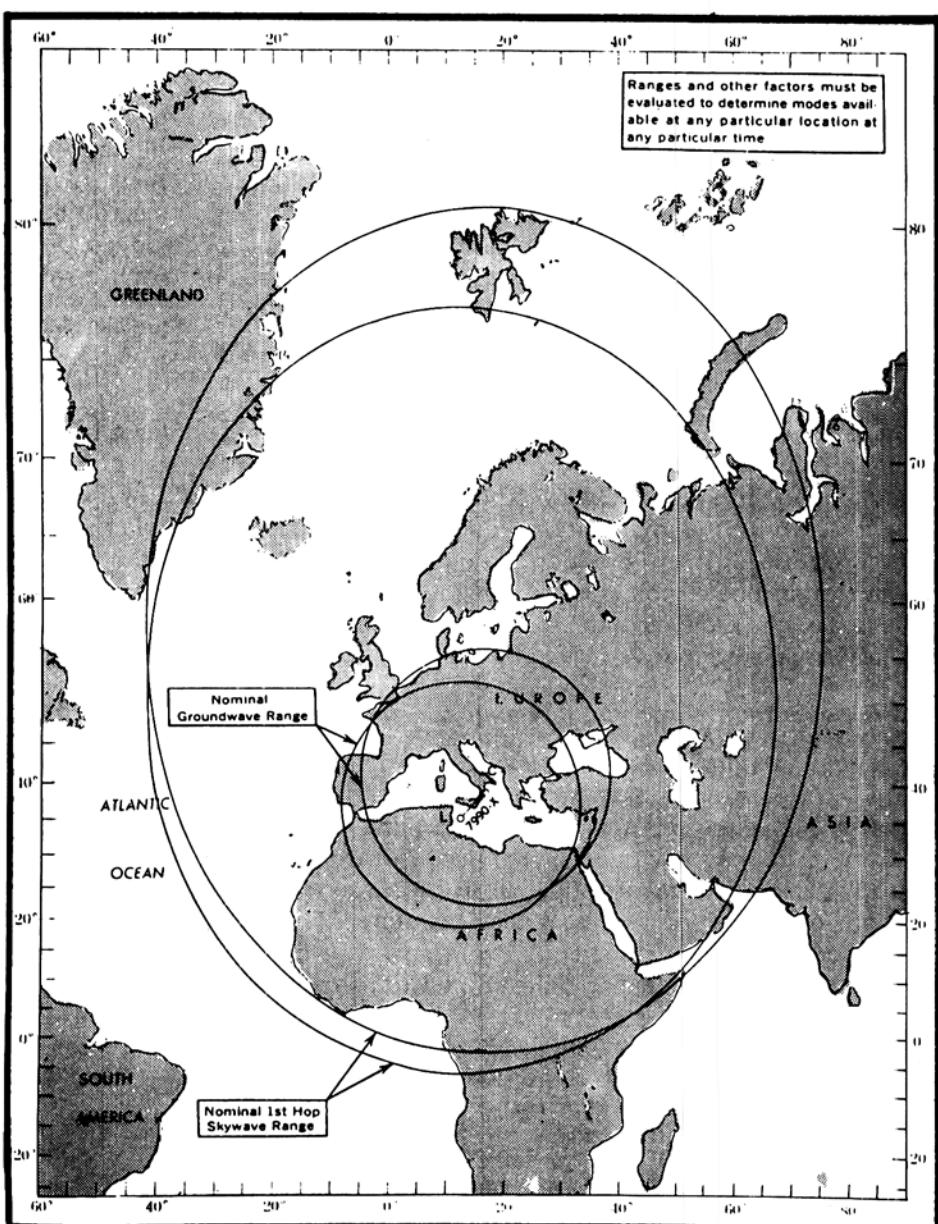
Η χρησιμοποίηση εκπομπών χαμηλής συχνότητας (100 kHz) από τους σταθμούς LORAN-C έχει το πλεογέκτημα, ότι οι εκπομπές αυτές δεν υφίστανται σημαντικές απώλειες κατά τη διάδοσή τους επάνω από την ξηρά όπως συμβαίνει με τις εκπομπές των μεσαίων και υψηλών συχνοτήτων. Ένα άλλο πλεονέκτημα της εκπομπής των σταθμών LORAN-C στη χαμηλή συχνότητα των 100 kHz είναι, ότι η διάδοση των εκπομπών δεν επηρεάζεται από τις ανωμαλίες της επιφάνειας της ξηράς (φυσικές ή τεχνητές), γιατί οι διαστάσεις των ανωμαλιών αυτών είναι πολύ μικρές σε σχέση με το μέγεθος του μήκους κύματος.

##### **4.4.2 Περιοχές στις οποίες αναμένεται λήψη κύματος εδάφους και από τους δύο σταθμούς, κύματος εδάφους από τον ένα και ουράνιου κύματος από τον άλλο, ή ουράνιου κύματος και από τους δύο.**

Ανάλογα με την απόσταση του πλοίου από τους σταθμούς μιας αλυσίδας, τα λαμβανόμενα στο δέκτη LORAN-C σήματα είναι δυνατό να προέρχονται από κύμα εδάφους ή από ουράνιο κύμα. Στην περίπτωση που το σήμα ενός σταθμού λαμβάνεται στο δέκτη με κύμα εδάφους και με ουράνιο κύμα, ο δέκτης επεξεργάζεται μόνο το κύμα εδάφους (§ 4.3.1).

Για τον ακριβή προσδιορισμό του στίγματος LORAN-C πρέπει να χρησιμο-

ποιούνται οι διαφορές χρόνου που αντιστοιχούν σε κύμα εδάφους. Για το λόγο αυτό ο ναυτιλλόμενος, όταν χρησιμοποιεί ουράνια κύματα πρέπει να επιφέρει ορισμένες διορθώσεις για την αναγωγή των μετρήσεων στα αντίστοι-



Σχ. 4.4.

Εμβέλεια κυμάτων εδάφους και ουρανίων κυμάτων στους σταθμούς LORAN-C στη Μεσόγειο. [Από την έκδοση του DMA Pub 221 LORAN-C Tables Pair 7990-X].

χα κύματα εδάφους που περιέχονται στους ειδικούς χάρτες και πίνακες LORAN-C (§ 4.6 και 4.7).

Όταν μετράται η διαφορά χρόνου μεταξύ των χρονικών στιγμών λήψεως των σημάτων δυο σταθμών LORAN-C, πρέπει να γνωρίζομε τις περιοχές στις οποίες αναμένεται λήψη κύματος εδάφους από τους δυο σταθμούς, κύματος εδάφους από τον ένα και ουράνιου κύματος από τον άλλο. ή ουράνιου κύματος και από τους δυο σταθμούς. Οι πληροφορίες αυτές περιέχονται τόσο στους χάρτες LORAN-C όσο και στα διαγράμματα που υπάρχουν στην αρχή των πινάκων LORAN-C που εκδίδονται από τη χαρτογραφική υπηρεσία άμυνας DMA (Defence Mapping Agency) των ΗΠΑ.

Στο σχήμα 4.4 φαίνεται ένα διάγραμμα από τους πίνακες LORAN-C της Μεσογείου για το ζεύγος σταθμών C και L (C είναι ο κύριος σταθμός της αλυσίδας της Μεσογείου και L ο δευτερεύων X). Με το διάγραμμα αυτό προσδιορίζομε τις περιοχές στις οποίες λαμβάνεται κύμα εδάφους από τους δυο σταθμούς, κύμα εδάφους από τον ένα και ουράνιο κύμα από τον άλλο ή ουράνιο κύμα και από τους δυο. Παρατηρούμε, ότι στην περιοχή του Αιγαίου λαμβάνεται κύμα εδάφους και από τους δυο σταθμούς, ενώ στο στενό του Γιθραλτάρ λαμβάνεται κύμα εδάφους από το δευτερεύοντα και ουράνιο κύμα από τον πρωτεύοντα κ.ο.κ.

#### **4.5 Σφάλματα του συστήματος LORAN-C και τρόπος αντιμετωπίσεώς τους.**

Τα προσδιοριζόμενα με το σύστημα LORAN-C στίγματα περιέχουν ορισμένα σφάλματα τα οποία διακρίνονται σε **συστηματικά** (systematic error) και σε **τυχαία** (random errors).

Συστηματικά είναι τα σφάλματα που δημιουργούνται σύμφωνα με ορισμένους φυσικούς ή μαθηματικούς νόμους, με αποτέλεσμα να επιδρούν με τον ίδιο τρόπο σε όλες τις μετρήσεις. Τα συστηματικά σφάλματα είναι δυνατό να απαλειφθούν με την εφαρμογή των αντιστοίχων διορθώσεων. Τυχαία είναι τα σφάλματα για τα οποία δεν είναι δυνατό να υπολογισθεί διόρθωση, επειδή η δημιουργία τους είναι τυχαία και δεν ακολουθεί κανένα κανόνα.

##### **4.5.1 Συστηματικά (σταθερά) σφάλματα του συστήματος LORAN-C.**

Τα συστηματικά σφάλματα του συστήματος εκφράζονται σαν διαφορές σε msec μεταξύ των ενδείξεων του δέκτη και των διαφορών χρόνου, που αναγράφονται στις αντίστοιχες υπερβολικές γραμμές θέσεως αυτών των χαρτών.

Οι υπερβολικές γραμμές θέσεως που υπάρχουν στους χάρτες LORAN-C αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες διαφορές χρόνου, που υπολογίζονται με βάση μια μέση τιμή διαδόσεως των ραδιοκυμάτων επάνω από τη θάλασσα με κύμα εδάφους. Τα συστηματικά σφάλματα που οφείλονται στη διάδοση των ραδιοκυμάτων, είναι τα εξής:

1) **Σφάλματα λόγω διαδόσεως των σημάτων LORAN-C με ουράνιο κύμα.** Τα σφάλματα αυτά διορθώνονται με την εφαρμογή των αντιστοίχων για κάθε περιοχή διορθώσεων, που έχουν προδιοριστεί από σειρά ειδικών παρατηρήσεων.

σεων και εμφανίζονται στους χάρτες και πίνακες LORAN-C.

**2) Σφάλμα λόγω διαδόσεως των σημάτων LORAN-C απόκλειστικά επάνω από θαλάσσια περιοχή (Secondary Phase Factor) (SF).** Επειδή η ταχύτητα διαδόσεως τους στο κενό είναι γνωστή, είναι πολύ εύκολο για κάθε περιοχή να προσδιορισθούν οι θεωρητικές τιμές των διαφορών χρόνου που αντιστοιχούν στην ταχύτητα διαδόσεως των ραδιοκυμάτων στο κενό. Όταν όμως τα εκπεμπόμενα από τους σταθμούς LORAN-C σήματα ακολουθούν διαδρομές που βρίσκονται αποκλειστικά επάνω από θαλάσσιες περιοχές, δημιουργείται μια χρονική καθυστέρηση σε σχέση με τη διάδοση στο κενό, που αποτελεί την πιο γνωστή διόρθωση που λέγεται Secondary Phase Factor (SF). Η διόρθωση αυτή περιέχεται στις διαφορές χρόνου που εμφανίζονται σε όλους σχεδόν τους χάρτες και τους πίνακες LORAN-C.

**3) Σφάλμα λόγω διαδόσεως των σημάτων LORAN-C επάνω από ξηρά (Additional Secondary Phase Factor) (ASF).** Όταν τα εκπεμπόμενα από τους σταθμούς LORAN-C σήματα ακολουθούν διαδρομές που βρίσκονται εν μέρει επάνω από θάλασσα και εν μέρει επάνω από ξηρά, δημιουργείται μια επιπρόσθετη χρονική καθυστέρηση που λέγεται Additional Secondary Phase Factor (ASF) και αποτελεί μια επιπρόσθετη διόρθωση που δίνεται μόνο για ορισμένες περιοχές, όπως η παράκτια ναυτιλιακή περιοχή των ΗΠΑ (Coastal confluence Zone) (§ 4.8.4).

Για όλα τα παραπάνω συστηματικά σφάλματα του συστήματος LORAN-C υπολογίζονται διορθώσεις που παρέχονται έτοιμες στο ναυτιλλόμενο, είτε αυτές είναι ενσωματωμένες στις τιμές των διαφορών χρόνου, που εμφανίζονται στις υπερβολικές γραμμές θέσεως των χαρτών LORAN-C (SF και ASF), είτε δίνονται αλγεβρικές διορθώσεις που πρέπει να επιφέρει ο ναυτιλλόμενος στις ενδείξεις του δέκτη του.

Ο ναυτιλλόμενος μπορεί να προσδιορίσει και ο ίδιος μια συνολική διόρθωση για όλα τα συστηματικά σφάλματα του συστήματος LORAN-C, αν συγκρίνει τις ενδείξεις που λαμβάνει σε μια γνωστή θέση του πλοίου του (π.χ. θέση παραβολής σε προβλήτα) με τις διαφορές χρόνου που υπάρχουν στον αντίστοιχο χάρτη. Η διαφορά των ενδείξεων παρέχει τη συνολική διόρθωση όλων των συστηματικών σφαλμάτων, η οποία στη συνέχεια εφαρμόζεται αλγεβρικά σε όλες τις επόμενες ενδείξεις του δέκτη στην περιοχή ή (στις περιπτώσεις που υπάρχει τέτοια δυνατότητα) μπορεί να τοποθετηθεί στο δέκτη, έτσι, ώστε οι επόμενες ενδείξεις να είναι διορθωμένες (§ 4.9).

Ο πρακτικός αυτός τρόπος αντισταθμίσεως των συστηματικών σφαλμάτων του συστήματος LORAN-C πρέπει να χρησιμοποιείται από το ναυτιλόμενο σε κάθε ευκαιρία, π.χ. ταυτόχρονος ακριβής καθορισμός στίγματος με μεθόδους ακτοπλοΐας ή χρήση άλλων ραδιοναυτιλικών βοηθημάτων. Στις περιπτώσεις αυτές θα πρέπει κατά προτίμηση το πλοίο να είναι ακίνητο και οι ενδείξεις του δέκτη σταθερές.

#### 4.5.2 Τυχαία σφάλματα του συστήματος LORAN-C.

Τα τυχαία σφάλματα του συστήματος LORAN-C οφείλονται σε αστάθμητους

παραγοντες και για το λόγο αυτό δεν είναι δυνατό να υπολογισθούν αντίστοιχες διορθώσεις. Εν τούτοις, οι σύγχρονοι δέκτες LORAN-C έχουν τη δυνατότητα να προειδοποιούν το ναυτιλλόμενο για την ύπαρξή τους, έτσι, ώστε να λάβει τα κατάλληλα μέτρα για να αποφύγει τις επιπτώσεις τους. Στις περιπτώσεις που ο ναυτιλλόμενος αντιληφθεί την ύπαρξη τυχαίων σφαλμάτων στη μέτρηση της διαφοράς χρόνου μεταξύ δυο σταθμών, δεν θα πρέπει να στηριχθεί στη μέτρηση αυτή, αλλά, εφ' όσον είναι δυνατό, να λάβει κάποια άλλη από διαφορετικούς σταθμούς, ή, εάν αυτό δεν είναι δυνατό, θα πρέπει να χρησιμοποιήσει άλλη μέθοδο προσδιορισμού στίγματος (χρησιμοποίηση άλλου ραδιοναυτιλιακού βοηθήματος, αστρονομικών μεθόδων κλπ.).

#### 4.6 Χάρτες LORAN-C και πρόσθετες πληροφορίες που περιέχουν.

Οι χάρτες LORAN-C, που εκδίδονται από τις υδρογραφικές υπηρεσίες ορισμένων κρατών, έχουν σχεδιασμένες τις υπερβολικές γραμμές θέσεως LORAN-C, που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες διαφορές χρόνου για διάφορα ζεύγη κύριου-δευτερεύοντος σταθμού.

Οι υπερβολικές γραμμές θέσεως, που αντιστοιχούν σε διαφορετικά ζεύγη κύριου-δευτερεύοντος σταθμού, απεικονίζονται με διαφορετικό χρώμα για καλύτερη διευκόλυνση του ναυτιλλόμενου. Η ομάδα των υπερβολικών γραμμών θέσεως, που αντιστοιχεί σε κάθε ζεύγος κύριου-δευτερεύοντος σταθμού, χαρακτηρίζεται με ένα τετραψήφιο αριθμό που δείχνει το GRI της αλυσίδας ακολουθούμενο με το γράμμα που χαρακτηρίζει τον αντίστοιχο δευτερεύοντα. Π.χ. η ένδειξη 7990-X σημαίνει, ότι η υπερβολική γραμμή θέσεως ανήκει στο ζεύγος κύριου σταθμού-δευτερεύοντος X της αλυσίδας της Μεσογείου, η οποία χαρακτηρίζεται από το GRI 7990.

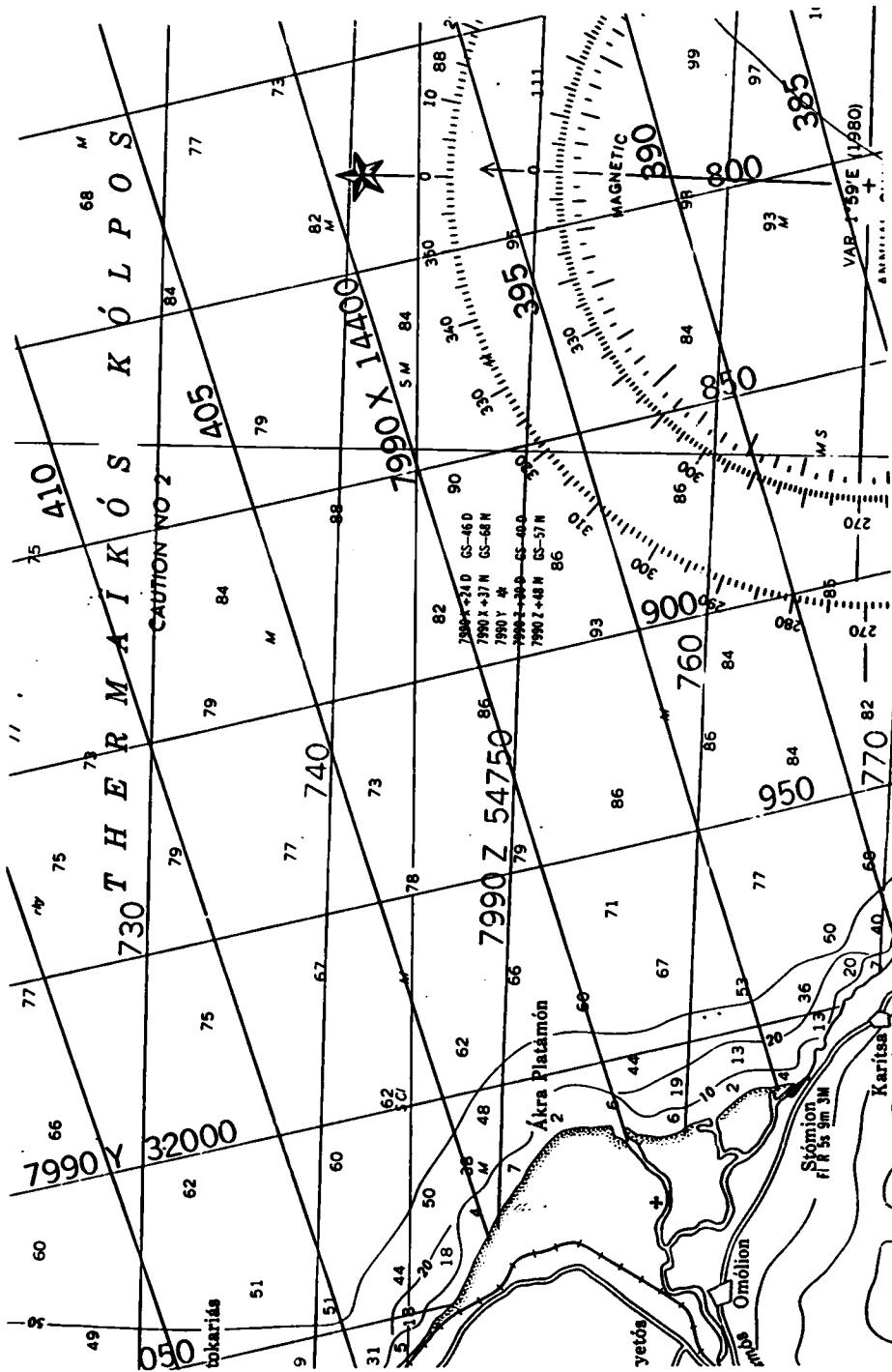
Οι διαφορές χρόνου σε msec που υπάρχουν σε κάθε υπερβολική γραμμή θέσεως που εμφανίζεται στο χάρτη LORAN-C, έχουν υπολογισθεί για διάδοση των σημάτων που εκπέμπονται από τους σταθμούς LORAN-C με κύμα εδάφους. Εν τούτοις, για τις περιοχές όπου αναμένεται λήψη ουράνιου κύματος, οι χάρτες LORAN-C παρέχουν τις απαιτούμενες διορθώσεις για την αναγωγή των ενδείξεων του δέκτη σε ενδείξεις κυμάτων εδάφους. Οι διορθώσεις αυτές αναγράφονται συνήθως κοντά στις τομές των μεσημβρινών και παραλλήλων του χάρτη (σχ. 4.6α) ως εξής:

7990 X + 24 D	SG – 46 D
7990 X + 37 N	SG – 68 N
7990 Y*	

Η ένδειξη 7990 X + 25 D SG – 46 D σημαίνει τα εξής:

- 1) 7990 X: Η διόρθωση αφορά σήματα που λαμβάνονται από το ζεύγος κύριου σταθμού-δευτερεύοντα X της αλυσίδας 7990.
- 2) + 24 D: Η διόρθωση είναι +24 msec όταν λαμβάνονται ουράνια κύματα και από τους δυο σταθμούς κατά τη διάρκεια της ημέρας.

\* Όπου υπάρχει αστερίσκος, όπως στην ένδειξη 7990 Y\* σημαίνει ότι δεν πρέπει να χρησιμοποιείται ο αντίστοιχος σταθμός.



Σχ. 4.6α.  
Απόσποσμα χάρτη LORAN-C αμερικανικής εκδόσεως.

3) SG – 46 D: Η διόρθωση είναι -46 μsec όταν κατά τη διάρκεια της ημέρας λαμβάνεται ουράνιο κύμα από τον κύριο σταθμό (S για Sky Wave) και κύμα εδάφους από το δευτερεύοντα X (G για Ground Wave).

Εκτός από τα παραπάνω στοιχεία, οι χάρτες LORAN-C σε ειδική σημείωση αναγράφουν, αν οι διαφορές χρόνου σε μsec που αναγράφονται στις υπερβολικές γραμμές θέσεως, προέρχονται μόνο από υπολογισμούς ή έχουν διορθωθεί σύμφωνα με τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έγιναν ειδικά για το σκοπό αυτό από υδρογραφικά πλοία. Η σημείωση αυτή, ανάλογα με την περίπτωση, έχει μια από τις επόμενες μορφές:

«The LORAN-C lines of position overprinted on this chart have been prepared for use with ground-wave signals and are presently compensated only for theoretical propagation delays, which have not yet been verified by observed data. Mariners are cautioned not to rely entirely on the lattices in inshore waters. Sky-wave corrections are not provided».

ή

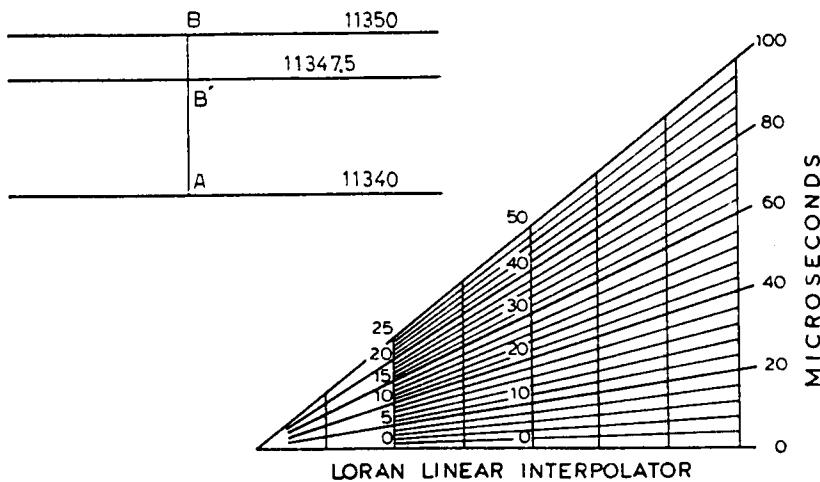
«The LORAN-C lines of position overprinted on this chart have been prepared for use with ground-wave signals and are compensated with propagation delays computed from observed data. Mariners are cautioned not to rely entirely on the lattices in inshore waters. Sky-wave corrections are not provided».

Η ακριβής υποτύπωση του στίγματος στο χάρτη LORAN-C με τη θοήθεια των δυο διαφορών χρόνου που αντιστοιχούν σε δυο ζεύγη σταθμών γίνεται με τη θοήθεια του διαγράμματος γραφικής παρεμβολής (LORAN-C Interpolator) που υπάρχει σε κάθε χάρτη LORAN-C. Το διάγραμμα αυτό (σχ. 4.66) έχει δυο κάθετους άξονες από τους οποίους ο ένας (κατακόρυφος) έχει υποδιαιρέσεις σε 100 μsec.

Έστω, ότι θέλομε να υποτυπώσουμε τη γραμμή θέσεως LORAN-C που αντιστοιχεί σε διαφορά χρόνου 11347,5 μsec, όταν στο χάρτη είναι σχεδιασμένες οι υπερβολές των 11340 και 11350 μsec. Με τη θοήθεια ενός διαβήτη μετράμε την απόσταση μεταξύ των υπερβολών 11340 και 11350 επάνω στο χάρτη. Στη συνέχεια διατηρώντας το άνοιγμα του διαβήτη σταθερό το τοποθετούμε σε τέτοια θέση επάνω στο διάγραμμα, ώστε το ένα του άκρο A να βρίσκεται στην κάτω οριζόντια γραμμή και το άλλο του άκρο B στην ψηλότερη κεκλιμένη γραμμή, έτσι, ώστε το τμήμα AB να είναι κάθετο στον κάτω (οριζόντιο) άξονα. Διατηρώντας το άκρο A του διαβήτη στη θέση του φέρομε το άκρο B στη θέση B' που αντιστοιχεί στην υποδιαιρέση 7,5. Η απόσταση AB' δείχνει, πόσο απέχει η γραμμή θέσεως 11347,5 από τη γραμμή 11340, και επομένως η γραμμή θέσεως 11347,5 χαράσσεται παράλληλη προς την 11340 και σε απόσταση AB' από αυτή.

Με τον ίδιο τρόπο χαράσσεται και η γραμμή θέσεως που αντιστοιχεί στη δεύτερη διαφορά χρόνου και το στίγμα του πλοίου προκύπτει από την τομή των γραμμών θέσεως που χαράχθηκαν.

Η χάραξη μιας υπερβολικής γραμμής θέσεως μεταξύ δυο γραμμών θέσεως του χάρτη μπορεί να γίνει και με τη θοήθεια ενός απλού κλιμακομέτρου (κανόνα), που έχει 10 ίσες υποδιαιρέσεις οποιασδήποτε κλίμακας, αρκεί το

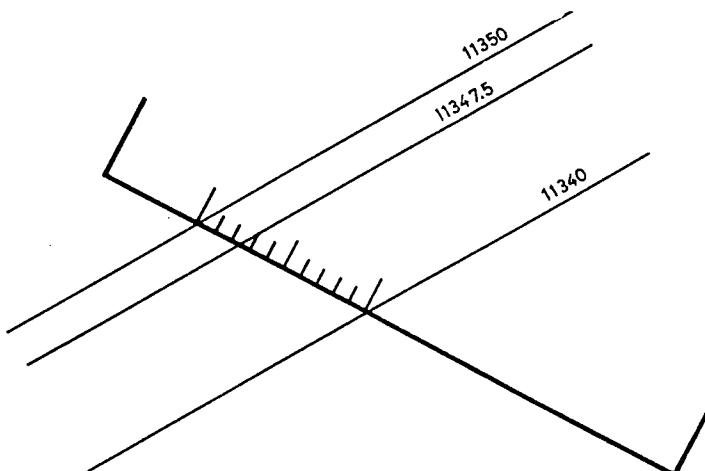


Σχ. 4.66.

Χάραξη γραμμής θέσεως LORAN-C με τη θοήθεια του διαγράμματος γραφικής παρεμβολής (LORAN Interpolator).

ολικό του μήκος να είναι μεγαλύτερο ή ίσο με την απόσταση των δυο διαδοχικών γραμμών θέσεως του χάρτη. Ένας τέτοιος κανόνας μπορεί να κατασκευασθεί εύκολα από το ναυτιλλόμενο σ' ένα απλό φύλλο χαρτί. Αν εξετάσουμε το προηγούμενο παράδειγμα της χαράξεως της υπερβολικής γραμμής 11347,5 εργαζόμαστε ως εξής (σχ. 4.6γ):

α) Τοποθετούμε τον κανόνα σε τέτοια θέση (κλίση), ώστε τα άκρα των υποδιαιρέσεών του να βρίσκονται επάνω στις γραμμές 11340 και 11350 του χάρτη με τη μηδενική υποδιαιρέση επάνω στη γραμμή 11340.



Σχ. 4.6γ.

Χάραξη γραμμής θέσεως LORAN-C με τη θοήθεια απλού κλιμακομέτρου.

θ) Προσδιορίζομε το σημείο του κανόνα που έχει υποδιαιρεση 7,5 και το σημειώνομε με μια τελεία.

γ) Από το παραπάνω σημείο χαράσσομε μια ευθεία παράλληλη προς τις γραμμές 11340 και 11350, που αποτελεί τη γραμμή θέσεως των 11347,5 μsec.

## 4.7 Πίνακες LORAN-C.

### 4.7.1 Γενική περιγραφή των πινάκων.

Ο προσδιορισμός του στίγματος LORAN-C από το ναυτιλλόμενο είναι δυνατό να γίνει και με τη βοήθεια των πινάκων LORAN-C που εκδίδονται από τη χαρτογραφική υπηρεσία άμυνας (Defence Mapping Agency-DMA) των ΗΠΑ. Οι πίνακες LORAN-C χρησιμοποιούνται, όταν δεν έχομε στη διάθεσή μας τους ειδικούς χάρτες LORAN-C ή όταν επιδιώκουμε μεγαλύτερη ακρίβεια.

Για κάθε ζεύγος σταθμών κάθε μιας αλυσίδας LORAN-C εκδίδεται ένας ξεχωριστός πίνακας (σχ. 4.7a), με τη βοήθεια του οποίου μπορούμε:

α) Να προσδιορίσουμε τη διόρθωση που πρέπει να επιφέρουμε στη διαφορά χρόνου που μετράει ο δέκτης μας, για να τη μετατρέψουμε σε διαφορά χρόνου που αντιστοιχεί σε διάδοση των σημάτων με κύμα εδάφους (όταν στο δέκτη μας λαμβάνεται σήμα που προέρχεται μόνο από ουράνιο κύμα).

β) Να προσδιορίσουμε τις συντεταγμένες (φ, λ) δυο σημείων που ορίζουν ένα ευθύγραμμο τμήμα που προσεγγίζει την υπερβολική γραμμή θέσεως που αντιστοιχεί στη μετρηθείσα διαφορά χρόνου. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να χαράξουμε γραμμές θέσεως LORAN-C επάνω σε κοινό ναυτικό χάρτη ή σε φύλλο υποτυπώσεως.

Κάθε πίνακας LORAN-C, που αναφέρεται σε ένα ζεύγος κύριου-δευτερεύοντος σταθμού μιας αλυσίδας, χαρακτηρίζεται από τον αριθμό 221 και τα στοιχεία που προσδιορίζουν το ζεύγος, π.χ. ο πίνακας του ζεύγους κύριου-δευτερεύοντος X της αλυσίδας 7990 της Μεσογείου χαρακτηρίζεται ως Pub 221 Pair 7990-X (σχ. 4.7a).

Οι πίνακες LORAN-C παρέχουν τις συντεταγμένες σημείων των υπερβολικών γραμμών θέσεως του αντίστοιχου ζεύγους σταθμών, που απέχουν 10 μsec (πίνακας 4.7.1 και 4.7.2). Τα σημεία των υπερβολών αυτών δίνονται ανά μία μοίρα πλάτους ή μήκους εκτός από περιοχές κοντά στους σταθμούς εκπομπής, όπου λόγω της μεγάλης καμπυλότητας των υπερβολικών γραμμών θέσεως δίνονται και ανά 30' ή 15' πλάτους ή μήκους.

Στους πίνακες εισερχόμαστε με τη διαφορά χρόνου που αντιστοιχεί σε διάδοση κυμάτων εδάφους και το πλάτος ή μήκος του στίγματος αναμετρήσεως.

Αν η υπερβολική γραμμή θέσεως που αντιστοιχεί στη μετρηθείσα διαφορά χρόνου έχει περίπου διεύθυνση «θορράς-νότος», τότε εισερχόμαστε με τις πινακοποιημένες τιμές του πλάτους που περικλείουν το πλάτος αναμετρήσεως και προσδιορίζομε το μήκος που αντιστοιχεί στις τομές της υπερβολικής γραμμής θέσεως και των παραλλήλων που αντιστοιχούν στα πλάτη εισόδου (πίνακας 4.7.1.).

Αν η υπερβολική γραμμή θέσεως που αντιστοιχεί στη μετρηθείσα διαφορά

Pub. 221(1003)

PAIR 7990-X

# LORAN-C TABLE

---

## MEDITERRANEAN SEA



Prepared and published by the  
DEFENSE MAPPING AGENCY HYDROGRAPHIC/TOPOGRAPHIC CENTER  
Washington, D.C. 20315  
1972  
(Reprinted 1980)

For sale by authorized Sales Agents of the Defense Mapping Agency Office of Distribution Services  
DMA STOCK NO. LCPUB2211003

Σχ. 4.7α.

Εξώφυλλο πινάκων LORAN-C του ζεύγους κύριου-δευτερεύοντα X της αλυσίδας της Μεσογείου (GRI 7990).

[Από την έκδοση του DMA Pub 221 LORAN-C Tables Pair 7990-X].

χρόνου έχει περίπου διεύθυνση «απηλιώτης-ζέφυρος», τότε εισερχόμαστε με τις πινακοποιημένες τιμές του μήκους που περικλείουν το μήκος αναμετρήσεως και προσδιορίζομε το πλάτος που αντιστοιχεί στις τομές της υπερβολικής γραμμής θέσεως και των μεσημβρινών που αντιστοιχούν στα μήκη εισόδου (πίνακας 4.7.2).

Οι συντεταγμένες των υπερβολικών γραμμών θέσεως που παρέχουν οι πίνακες αναφέρονται σε διαφορές χρόνου που αντιστοιχούν σε διάδοση κυμάτων εδάφους. Αν στο δέκτη μετρήθηκαν διαφορές χρόνου που προέρχονται από διάδοση σήματος LORAN-C με ουράνιο κύμα, πρέπει να γίνουν οι απαραίτητες διορθώσεις για την αναγωγή των μετρήσεων σε κύματα εδάφους. Οι διορθώσεις αυτές παρέχονται στην αρχή των πινάκων LORAN-C κάθε ζεύγους (πίνακες 4.7.3 και 4.7.4).

Στους πίνακες LORAN-C, σε κάθε στήλη που αντιστοιχεί σε μια διαφορά χρόνου, δίνεται και μια διαφορά  $\Delta$  που παρέχει τη μεταβολή του πλάτους ή μήκους σε εκατοστά του πρώτου λεπτού που αντιστοιχεί σε μεταβολή της πινακοποιημένης διαφοράς χρόνου κατά 1 msec.

Οι πινακοποιημένες ανά 10 msec διαφορές χρόνου των πινάκων LORAN-C συμβολίζονται με το γράμμα  $T$ . Διαφορές χρόνου, που μετρήθηκαν στο δέκτη και αντιστοιχούν σε διάδοση κυμάτων εδάφους (Ground wave), συμβολίζονται με το σύμβολο  $T_G$ , ενώ διαφορές χρόνου, που αντιστοιχούν σε διάδοση των σημάτων κύριου – δευτερεύοντος με ουράνιο κύμα (Sky wave), συμβολίζονται με το  $T_S$ . Αν η μετρηθείσα διαφορά χρόνου αντιστοιχεί σε διάδοση του σήματος του κύριου σταθμού με ουράνιο κύμα και του σήματος του δευτερεύοντος με κύμα εδάφους, συμβολίζεται με  $T_{SG}$ . Τέλος, αν η μετρηθείσα διαφορά χρόνου αντιστοιχεί σε διάδοση του σήματος του κύριου σταθμού με κύμα εδάφους και του σήματος του δευτερεύοντος με ουράνιο κύμα, συμβολίζεται με  $T_{GS}$ .

Τις περισσότερες φορές για τον υπολογισμό των συντεταγμένων των υπερβολικών γραμμών θέσεως πρέπει να γίνει παρεμβολή στα στοιχεία των πινάκων. Η παρεμβολή γίνεται με διόρθωση των συντεταγμένων που δίνουν οι πίνακες με το γινόμενο ( $T_G - T$ ) .  $\Delta$ .

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα πρόσημα των όρων ( $T_G - T$ ) και  $\Delta$ . Ο όρος  $T_G - T$  προκύπτει από την αλγεβρική διαφορά χρόνου των πινάκων  $T$  από αυτή που μετρήθηκε στο δέκτη  $T_G$  (αφού διορθώθηκε για τυχόν διάδοση με ουράνιο κύμα).

Στους πίνακες LORAN-C, εκτός από τα πινακοποιημένα στοιχεία για τις συντεταγμένες των υπερβολικών γραμμών θέσεως και τις διορθώσεις για τη διάδοση σημάτων με ουράνια κύματα, υπάρχουν και ορισμένοι μικροί χάρτες που δείχνουν:

α) Τις περιοχές που καλύπτει το ζεύγος κύριου-δευτερεύοντος σταθμού (σχ. 4.7b).

β) Την εμβέλεια του κύματος εδάφους και του ουράνιου κύματος κάθε σταθμού (σχ. 4.4).

γ) Τα όρια των περιοχών για τις οποίες δίνονται διορθώσεις ουρανίων κυμάτων (σχ. 4.7γ).

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7.1****Απόσπασμα από τους πίνακες LORAN-C για το ζεύγος 7930-X**

(Συντεταγμένες υπερβολικών γραμμών θέσεως)

(Στοιχείο εισόδου: πλάτος)

528 GF		7930-X												
T	33100	33120			33140			33160			33180			T
Lat		*	*	Δ	*	*	Δ	*	*	Δ	*	*	Δ	Long
34 N	54 29.0W	56	54 40.5W	57	54 51.9W	57	55 03.5W	58	55 15.1W	58				
35 N	54 01.1W	55	54 12.3W	56	54 23.6W	56	54 35.0W	57	54 46.5W	57				
36 N	53 32.6W	54	53 43.5W	55	53 54.7W	55	54 05.8W	56	54 17.2W	56				
37 N	53 03.4W	53	53 14.1W	54	53 25.1W	54	53 36.0W	55	53 47.2W	55				
38 N	52 33.4W	52	52 44.1W	53	52 54.8W	53	53 05.6W	54	53 16.5W	54				
39 N	52 02.9W	51	52 13.3W	52	52 23.8W	52	52 34.3W	53	52 45.0W	53				
40 N	51 31.5W	50	51 41.7W	51	51 52.0W	51	52 02.4W	51	52 12.8W	52				
41 N	50 59.5W	49	51 09.4W	49	51 19.5W	50	51 29.5W	50	51 39.8W	51				
42 N	50 26.5W	48	50 36.3W	48	50 46.0W	49	50 56.0W	49	51 05.9W	50				
43 N	49 52.8W	47	50 02.3W	47	50 11.8W	47	50 21.5W	48	50 31.2W	48				
44 N	49 18.3W	45	49 27.5W	46	49 36.7W	46	49 46.1W	47	49 55.6W	47				
45 N	48 42.9W	44	48 51.8W	44	49 00.8W	45	49 09.9W	45	49 19.1W	46				
46 N	48 06.6W	43	48 15.2W	43	48 23.9W	43	48 32.8W	44	48 41.6W	44				
47 N	47 29.5W	41	47 37.8W	41	47 46.2W	42	47 54.7W	42	48 03.3W	42				
48 N	46 51.5W	39	46 59.5W	40	47 07.7W	40	47 15.8W	40	47 24.1W	41				
49 N	46 12.9W	38	46 20.5W	38	46 28.3W	38	46 36.1W	39	46 44.0W	39				
50 N	45 33.6W	36	45 40.9W	36	45 48.3W	37	45 55.7W	37	46 03.3W	37				
51 N	44 53.8W	34	45 00.8W	34	45 07.7W	35	45 14.8W	35	45 21.9W	35				
52 N	44 13.9W	32	44 20.5W	32	44 27.0W	33	44 33.7W	33	44 40.4W	33				
53 N	43 34.2W	30	43 40.4W	30	43 46.5W	30	43 52.8W	31	43 59.0W	31				

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7.2****Απόσπασμα από τους πίνακες LORAN-C για το ζεύγος 7930-Z**

(Συντεταγμένες υπερβολικών γραμμών θέσεως)

(Στοιχείο εισόδου: μήκος)

7930 Z		GR 97												
T	45700	45720			45740			45760			45780			T
Lat		*	*	Δ	*	*	Δ	*	*	Δ	*	*	Δ	Long
45 57.7N	16	47 01.0N	15	47 04.3N	15	47 07.6N	15	47 10.8N	16	47 W				
47 36.2N	14	47 39.2N	14	47 42.1N	14	47 45.0N	14	47 47.8N	14	47.5 W				
48 10.9N	13	48 13.6N	13	48 16.2N	12	48 18.7N	12	48 21.3N	12	48.6 W				
48 41.8N	11	48 44.2N	11	48 46.5N	11	48 48.8N	11	48 51.1N	11	48.7 W				
49 08.9N	10	49 11.0N	10	49 13.1N	10	49 15.2N	10	49 17.2N	10	49.8 W				
49 32.1N	9	49 34.0N	9	49 36.0N	9	49 37.9N	9	49 39.8N	9	49.9 W				
49 37.3N	9	49 39.2N	9	49 41.1N	9	49 43.0N	9	49 44.9N	9	49 15W				
49 42.3N	9	49 44.2N	9	49 46.0N	9	49 47.9N	9	49 49.8N	9	49 30W				
49 47.0N	9	49 48.9N	9	49 50.8N	9	49 52.6N	8	49 54.4N	9	49 45W				
49 51.6N	8	49 53.6N	9	49 55.2N	9	49 57.1N	9	49 58.8N	8	50 W				
49 56.0N	8	49 57.7N	8	49 59.4N	8	50 01.3N	9	50 03.1N	8	50 15W				
50 00.0N	8	50 01.7N	8	50 03.5N	8	50 05.3N	8	50 07.0N	8	50 30W				
50 03.9N	8	50 05.6N	8	50 07.4N	8	50 09.1N	8	50 10.9N	8	50 45W				
50 07.6N	8	50 09.3N	8	50 11.0N	8	50 12.7N	8	50 14.5N	8	51 W				
50 11.0N	8	50 12.7N	8	50 14.6N	8	50 16.1N	8	50 17.9N	8	51 15W				
50 14.3N	8	50 15.9N	9	50 17.7N	8	50 19.4N	8	50 21.1N	8	51 30W				
50 17.4N	8	50 19.0N	8	50 20.7N	8	50 22.4N	8	50 24.1N	8	51 45W				
50 20.2N	8	50 21.9N	8	50 23.6N	8	50 25.2N	8	50 26.9N	8	52 W				
50 22.8N	8	50 24.5N	8	50 26.2N	8	50 27.9N	8	50 29.5N	8	52 15W				
50 25.3N	8	50 27.0N	8	50 28.7N	8	50 30.4N	8	50 32.0N	8	52 30W				

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7.3**  
**Απόσπασμα από τους πίνακες LORAN-C.**  
**(Διορθώσεις για τη διάδοση ουρανίων κυμάτων)**

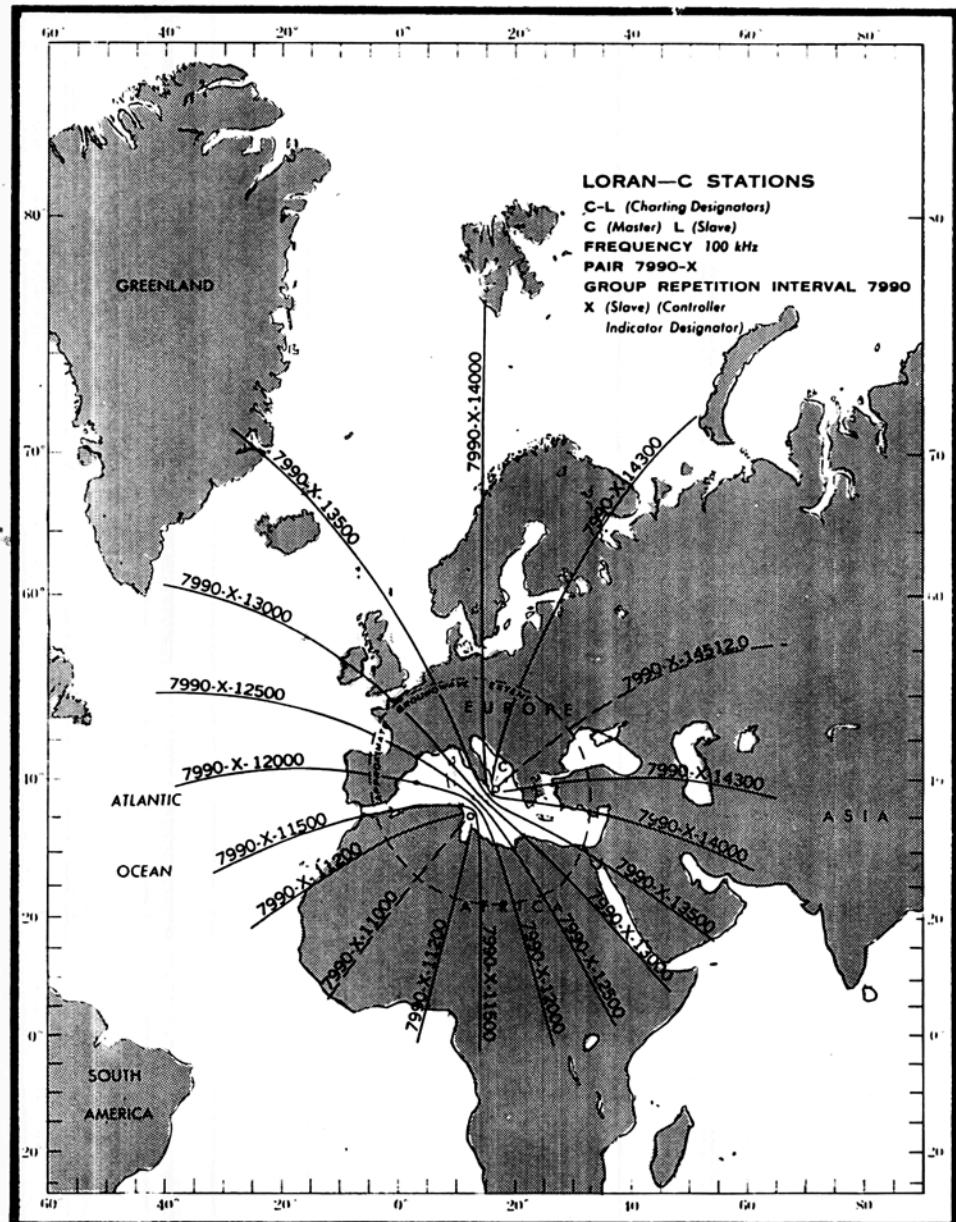
SKYWAVE CORRECTION															GF	
NIGHTTIME ( $\lambda = 91$ km.)																
Longitude— $80^{\circ}$ W to $48^{\circ}$ W																
	59	58	57	56	55	54	53	52	51	50	49	48	47	46	45	
89															89	
88															88	
87															87	
86															86	
85															85	
84															84	
83															83	
82	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	82	
81	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	81	
80	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	80	
	ADD						ADD					ADD				
79	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	79	
78	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	78	
77	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	0.9	77	
76	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	76	
75	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.2	2.2	2.1	2.0	2.0	75	
74	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.0	3.0	2.9	2.8	74	
73	3.8	3.9	4.0	4.0	4.1	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.1	4.1	4.0	73	
72	4.9	5.0	5.2	5.3	5.4	5.5	5.5	5.7	5.7	5.7	5.7	5.6	5.5	5.4	72	
71	6.2	6.4	6.7	6.9	7.1	7.3	7.4	7.6	7.7	7.7	7.8	7.8	7.7	7.5	71	
70	7.8	8.1	8.5	8.8	9.2	9.5	9.8	10	10	10	10	10	10	10	70	
	ADD						ADD					ADD				
L	69	3.7	10	11	11	12	12	13	13	13	14	14	14	14	69 L	
A	68	12	13	14	14	15	16	17	17	18	18	19	19	19	68 A	
T	67	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	25	26	67 T	
I	66	17	19	20	22	24	26	27	29	31	32	33	34	35	66 I	
T	65	20	22	25	27	30	32	35	38	40	43	45	47	48	49	65 T
U	64	23	26	29	32	36	40	44	48	53	57	61	65		64 U	
D	63	26	29	33	38	42	48	54	61						63 D	
E	62	28	32	36	42	48	56	64							62 E	
	61	29	33	38	45	52	61								61 E	
	60	29	33	38	45	52	62								60	
		ADD														
	59	27	31	36	42	50	58								59	
	58	25	29	33	38	44	52	60							58	
	57	22	25	29	33	38	44	50	57	65					57	
	56	19	22	25	28	32	36	40	45	50	56	61	65		56	
N	55	16	18	21	23	26	29	32	35	39	42	45	48	50	51	51 N
O	54	13	15	17	19	21	23	25	27	30	32	34	35	37	37	54 O
R	53	11	12	14	15	17	18	20	21	23	24	26	27	27	28	28 R
T	52	9.0	10	11	12	13	14	15	17	18	19	19	20	21	21	52 T
H	51	7.3	8.0	8.8	9.6	10	11	12	13	14	14	15	15	16	16	51 H
	50	5.8	6.4	7.0	7.6	8.2	8.8	9.4	10	11	11	11	12	12	12	50
		ADD					ADD					ADD				
	49	4.6	5.0	5.5	5.9	6.4	6.8	7.3	7.7	8.1	8.4	8.7	9.0	9.1	9.2	9.3 (49)
	48	3.6	3.9	4.3	4.6	5.0	5.3	5.6	5.9	6.2	6.5	6.7	6.9	7.0	7.0	7.1 (48)
	47	2.8	3.1	3.3	3.6	3.8	4.1	4.3	4.6	4.9	5.1	5.2	5.3	5.4	5.4	47
	46	2.2	2.4	2.6	2.7	2.9	3.1	3.3	3.5	3.6	3.8	3.9	4.0	4.0	4.1	46
	45	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3.0	3.0	3.1	45
	44	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	44
	43	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	43
	42	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	42
	41	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	41
	40	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	40
		ADD					ADD					ADD				
	39	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	39
	38				0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	38
	37										0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	37
	36														36	
	35														35	
	34														34	
	33														33	
	32														32	
	31														31	
	30														30	
		Longitude— $80^{\circ}$ W to $48^{\circ}$ W														
		NIGHTTIME														

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.7.4

**Απόσπασμα από τους πίνακες LORAN-C.  
(Διορθώσεις για τη διάδοση ουρανίων κυμάτων)**

## GROUNDWAVE TO SKYWAVE CORRECTIONS

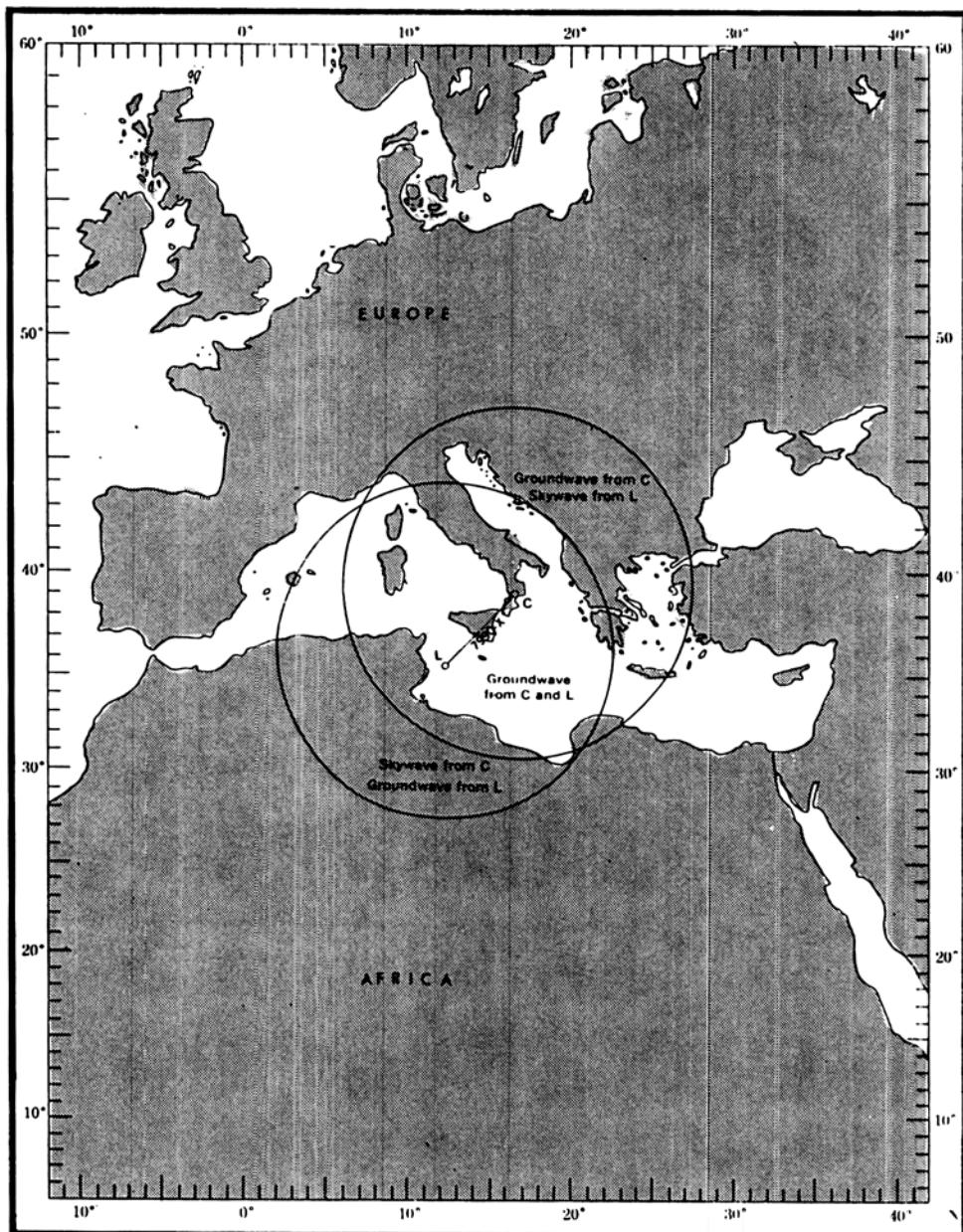




Σχ. 4.76.

Περιοχές για τις οποίες δίνονται πινακοποιημένες συντεταγμένες των υπερβολικών γραμμών θέσεως του ζεύγους κύριου-δευτερεύοντα X της αλυσίδας της Μεσογείου.

[Από την έκδοση του DMA Pub 221 LORAN-C Tables Pair 7990-X].



Σχ. 4.7γ.

Περιοχές για τις οποίες δίνονται διορθώσεις ουρανίων πινάκων για τις εκπομπές κύριου-δευτερεύοντα X της αλυσίδας της Μεσογείου.

[Από την έκδοση του DMA Pub 221 LORAN-C Tables Rair 7990-X].

#### 4.7.2 Παράδειγμα χρησιμοποιήσεως πινάκων LORAN-C.

Στις 21.30' ένα πλοίο βρίσκεται σε στίγμα αναμετρήσεως φ: 48° 35' N, λ: 46° 45' W και έλαβε τις ακόλουθες διαφορές χρόνου από τα ζεύγη κύριου-δευτερεύοντος X και κύριου-δευτερεύοντος Z της αλυσίδας 7930.

2130 7930 – X:  $T_s$  33114,3

2130 7930 – Z:  $T_{GS}$  45632,2

Ζητείται να προσδιορισθεί το στίγμα κατά την ώρα 21.30'.

Επειδή οι μετρηθείσες στο δέκτη διαφορές χρόνου  $T_s$  και  $T_{GS}$  αναφέρονται σε διάδοση ουρανίων κυμάτων, πρέπει να αναχθούν σε διαφορές χρόνου που αντιστοιχούν σε κύματα εδάφους ( $T_g$ ).

Για τη διόρθωση της διαφοράς χρόνου  $T_s$  χρησιμοποιούμε τα στοιχεία των πινάκων «Skywave Correction», που βρίσκονται πριν από τις πινακοποιημένες διαφορές χρόνου των πινάκων LORAN-C. Οι πίνακες αυτοί δίνουν ξεχωριστές διορθώσεις για την ημέρα (ύψος ιονόσφαιρας 73 km) και για τη νύκτα (ύψος ιονόσφαιρας 91 km). Στο παράδειγμά μας χρησιμοποιούμε τον πίνακα της νύκτας (επειδή οι διαφορές χρόνου μετρήθηκαν στις 21.30'). Στον πίνακα αυτό (πίνακας 4.7.3) εισερχόμαστε με το μήκος και πλάτος του στίγματος αναμετρήσεως και βρίσκομε διόρθωση + 8,1 msec.

Για τη διόρθωση της διαφοράς χρόνου  $T_{GS}$  (ένα σήμα από κύμα εδάφους και ένα από ουράνιο κύμα) χρησιμοποιούμε τα στοιχεία των πινάκων «Groundwave to Skywave Correction» που βρίσκονται στην αρχή κάθε τόμου πινάκων LORAN-C, πριν από τους πίνακες «Skywave Correction». Οι πίνακες αυτοί δίνουν ξεχωριστές διορθώσεις για την ημέρα (ύψος ιονόσφαιρας 73 km) και για τη νύκτα (ύψος ιονόσφαιρας 91 km). Στο παράδειγμά μας χρησιμοποιούμε τον πίνακα της νύκτας (πίνακας 4.7.4) και βρίσκομε διόρθωση + 62 msec.

Με τις παραπάνω διορθώσεις μετατρέπομε τις μετρηθείσες διαφορές χρόνου  $T_s$  και  $T_{GS}$  στις αντίστοιχες για κύματα εδάφους τιμές  $T$ . Με τις τιμές αυτές (33122,4 και 45694,2 msec) εισερχόμαστε στο κύριο μέρος των πινάκων με την πλησιέστερη πινακοποιημένη διαφορά χρόνου  $T$  για τα πλάτη ή μήκη που περικλείουν το στίγμα αναμετρήσεως (πίνακες 4.7.1 και 4.7.2).

Από τους πίνακες αυτούς, κάνοντας τις απαραίτητες παρεμβολές για κάθε μια διαφορά χρόνου, βρίσκομε τις συντεταγμένες δύο σημείων, που προσδιορίζουν τις αντίστοιχες υπερβολικές γραμμές θέσεως από την τομή των οποίων προκύπτει το στίγμα μας.

Για το παράδειγμά μας βρίσκομε ότι:

α) Η 1η γραμμή θέσεως ορίζεται από τα σημεία:

A φ: 48° 00' N λ: 47° 00,5' W

B φ: 49° 00' N λ: 46° 21,4' W

β) Η 2η γραμμή θέσεως ορίζεται από τα σημεία:

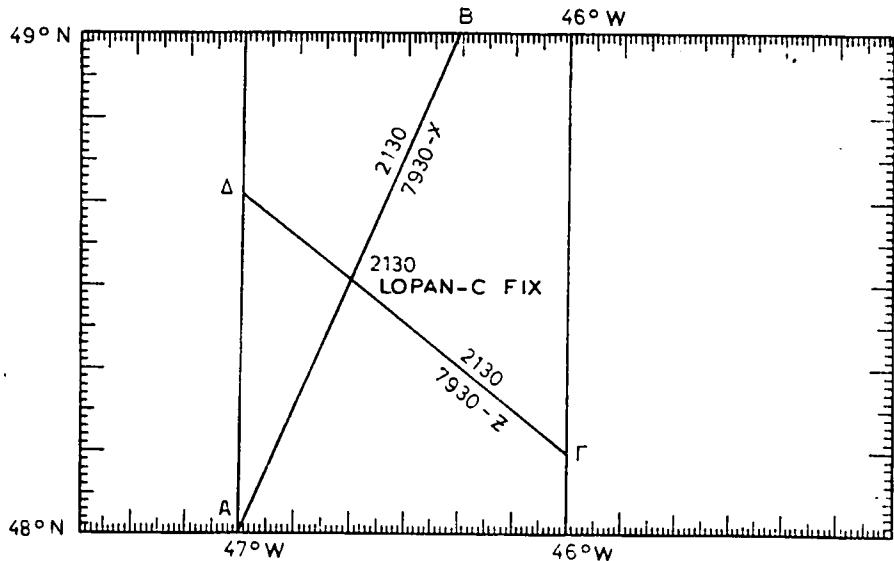
Γ φ: 48° 10,1' N λ: 46° 00' W

Δ φ: 48° 41,2' N λ: 47° 00' W

γ) Το στίγμα του πλοίου (σχ. 4.7δ) είναι:

φ: 48° 31,3' N

λ: 46° 40,2' N



Σχ. 4.7δ.

Υποτύπωση γραμμών θέσεως και προσδιορισμός στίγματος LORAN-C.

Οι υπολογισμοί που γίνονται για τον προσδιορισμό των παραπάνω στοιχείων είναι οι εξής:

**Ζεύγος 7930-X**

Πίνακας 4.7.3

$T_s$ .....	33114,3
Διόρθωση .....	+ 8,1
$T_g$ .....	33122,4

**Ζεύγος 7930-X**

Πίνακας 4.7.1

$T$ .....	33120
$T_g$ .....	33122,4
$T_g - T$ .....	+ 2,4

Πλάτος εισόδου	Πινακοποιημένο μήκος	$\Delta$	Διαφορά μήκους $(T_g - T) \times (\Delta)$	Μήκος που υπολογίσθηκε
48° N	46° 59,5' W	+ 40	$(+2,4) \times (+40) = + 1,0'$	47° 00,5' W
49° N	46° 20,5' W	+ 38	$(+2,4) \times (+38) = + 0,9'$	46° 21,4' W

**Ζεύγος 7930-Z**

Πίνακας 4.7.4

$T_{sg}^{(1)}$ .....	45632,2
Διόρθωση .....	- 62
$T_g$ .....	45694,2

(1) Επειδή οι πίνακες της αλυσίδας 7930-Z δεν δίνουν τιμές για τη διόρθωση  $T_{sg}$  χρησιμοποιούμε την τιμή της  $T_{sg}$ .

Zεύγος 7930-Z .....		Πίνακας 4.7.2
T .....		45700
T <sub>G</sub> .....		45694,2
T <sub>G</sub> - T .....		-5,8

Μήκος εισόδου	Πινακοποιημένο πλάτος	Δ	Διαφορά πλάτους (T <sub>G</sub> - T) × (Δ)	Πλάτος που υπολογίσθηκε
46° N	48° 10,9' N	+ 13	(- 5,8) × (+13) = -0,8'	48° 10,1' N
47° N	48° 41,8' N	+ 11	(- 5,8) × (+11) = -0,6'	48° 41,2' N

#### 4.8 Ακρίβεια του συστήματος LORAN-C.

##### 4.8.1 Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ακρίβεια του συστήματος LORAN-C.

Η ακρίβεια του στίγματος LORAN-C εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως:

Η γεωμετρία του στίγματος.

Το μέσο διαδόσεως των εκπομπών: διάδοση επάνω από ξηρά, επανω από θάλασσα κλπ.

Η κατάσταση των σταθμών εκπομπής.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δέκτη.

Η ικανότητα και εμπειρία του χειριστή.

Η τελική ακρίβεια του στίγματος LORAN-C είναι το αποτέλεσμα της επιδράσεως όλων των παραπάνω παραγόντων.

##### 4.8.2 Απόλυτη και σχετική ακρίβεια.

Η απόλυτη ακρίβεια (absolute accuracy) ενός ηλεκτρονικού συστήματος καθορισμού στίγματος είναι ένα μέτρο της ικανότητας προσδιορισμού των γεωγραφικών συντεταγμένων (φ,λ) του στίγματος.

Η σχετική ή επαναληπτική ακρίβεια (repeatable accuracy) ή και επαναληπτικότητα (repeatability) ενός ηλεκτρονικού συστήματος καθορισμού στίγματος, προσδιορίζει τη δυνατότητα, που μας παρέχει το σύστημα, να επιστρέψουμε σε ένα προηγούμενο στίγμα, χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις του συστήματος (που στην περίπτωση του LORAN-C είναι οι μετρηθείσες διαφορές χρόνου σε msec).

Ενδεικτικές τιμές της επαναληπτικής ακρίβειας του συστήματος LORAN-C για στίγμα που προκύπτει από λήψη κυμάτων εδάφους, ανάλογα με την απόσταση του σκάφους από τον κύριο σταθμό της αλυσίδας, είναι:

Απόσταση 200 v. μ. Ακρίβεια 15- 90 m

Απόσταση 500 v. μ. Ακρίβεια 60-210 m

Απόσταση 750 v. μ. Ακρίβεια 90-340 m

Απόσταση 1000 v. μ. Ακρίβεια 150-500 m

Στην περίπτωση που το στίγμα LORAN-C προκύπτει από λήψη ουρανίων κυμάτων, η επιτυγχανόμενη ακρίβεια είναι πολύ χαμηλότερη.

#### **4.8.3 Εκτίμηση της ακρίβειας του στίγματος με χρήση του κατάλληλου διαγράμματος ακρίβειας. Επιλογή των καταλληλοτέρων σταθμών για τον προσδιορισμό του στίγματος.**

Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 3, μεγαλύτερη ακρίβεια στίγματος επιτυγχάνεται, όταν οι υπερβολικές γραμμές θέσεως που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό του:

- Τέμνονται με γωνία που πλησιάζει τις  $90^{\circ}$
- Απέχουν μεταξύ τους τη μικρότερη δυνατή απόσταση.

Ένας πρακτικός κανόνας για την εξασφάλιση των παραπάνω συνθηκών προβλέπει, ότι το πλοίο πρέπει να βρίσκεται:

- Μέσα στο μικρότερο από  $180^{\circ}$  τομέα που σχηματίζεται από τις δύο γραμμές θάσεως.
- Σε όσο το δυνατό ίσες αποστάσεις από τους σταθμούς.

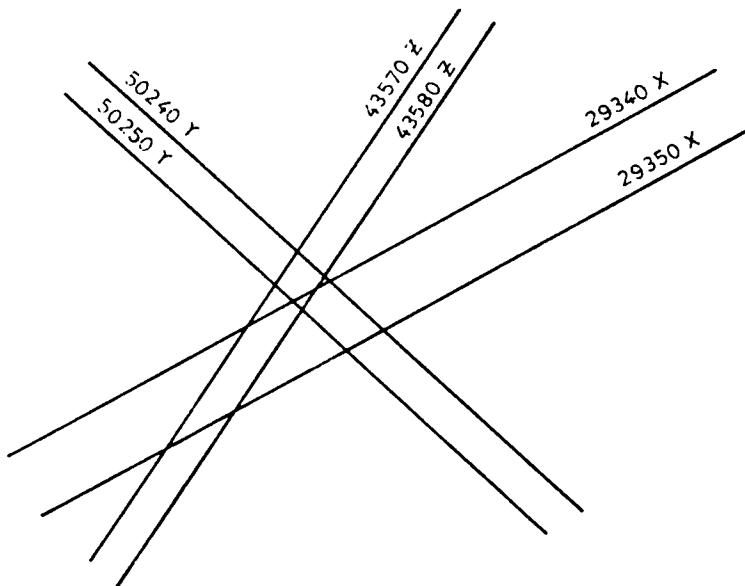
Η ακρίβεια του στίγματος LORAN-C μπορεί να εκτιμηθεί και με τη θοήθεια των χαρτών που υπάρχουν στους πίνακες LORAN-C κάθε αλυσίδας, καθώς και στην έκδοση «Admiralty List of Radio Signals Volume 5a» [σχ. 4.1δ(α) και 4.1δ(β)]. Με τους χάρτες αυτούς μπορούμε να έχομε μία πρώτη εκτίμηση της ακρίβειας του στίγματος LORAN-C, ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρίσκομαστε. Εκτός από τους παραπάνω χάρτες, η ακρίβεια του στίγματος LORAN-C μπορεί να προσδιορισθεί και με τη θοήθεια των διαγραμμάτων ακρίβειας (Reliability Diagrams), που εκδίδονται από την υπηρεσία DMA των ΗΠΑ σαν χάρτες με αριθμό 5592 και 5606.

Στα διαγράμματα αυτά φαίνονται, για κάθε αλυσίδα σταθμών LORAN-C, τα όρια των περιοχών, στις οποίες η ακρίβεια του στίγματος είναι καλύτερη από: 500 ft (152 m), 750 ft (229 m) και 1500 ft (457 m).

Εκτός από τα διαγράμματα αυτά, που δεν είναι θέβαιο ότι θα υπάρχουν πάντοτε στη διάθεσή μας, η εκτίμηση της ακρίβειας του στίγματος μπορεί να γίνει και με τη θοήθεια των διαγραμμάτων του σχήματος 3.3δ με τη διαφορά, ότι οι καμπύλες ακρίβειας των διαγραμμάτων αυτών δεν απεικονίζουν την πραγματική, αλλά τη σχετική ακρίβεια του στίγματος. (Δηλαδή, ένα σημείο που βρίσκεται επάνω στην καμπύλη των 2 m και ένα άλλο σε αυτήν των 4 m δεν σημαίνει ότι έχουν ακρίβεια 2 και 4 m αντίστοιχα, αλλά ότι η ακρίβεια του ενός είναι διπλάσια από την ακρίβεια του άλλου).

Όταν για τον καθορισμό του στίγματος χρησιμοποιούμε χάρτες LORAN-C επάνω στους οποίους είναι χαραγμένες οι υπερβολικές γραμμές θέσεως, η επιλογή των καταλληλοτέρων γραμμών θέσεως γίνεται πολύ εύκολα με βάση την καλύτερη γωνία τομής και τη μικρότερη απόσταση μεταξύ των διαδοχικών υπερβολικών γραμμών θέσεως.

Για παράδειγμα ας εξετάσουμε τις υπερβολικές γραμμές θέσεως του σχήματος 4.8, που αντιστοιχούν στα διάφορα ζεύγη κύριου-δευτερεύοντος. Από το σχήμα αυτό φαίνεται ότι τα καταλληλότερα ζεύγη σταθμών για τον προσδιορισμό του στίγματος είναι των δευτερευόντων Y και Z (με τον κύριο), επειδή έχουν καλύτερη γωνία τομής και απέχουν μεταξύ τους τη μισή απόσταση από ότι οι αντίστοιχες γραμμές του ζεύγους του δευτερεύοντος X.



Σχ. 4.8.

Επιλογή των καταλληλοτέρων ζευγών σταθμών για προσδιορισμό στίγματος LORAN-C.

#### 4.9 Δέκτες LORAN-C.

##### 4.9.1 Γενικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες σύγχρονου δέκτη LORAN-C.

Σήμερα οι διάφοροι κατασκευαστές ηλεκτρονικών ναυτικών οργάνων διαθέτουν στην αγορά αρκετούς δέκτες LORAN-C, από τους οποίους κάθε ένας έχει τα δικά του ξεχωριστά χαρακτηριστικά και δυνατότητες. Ορισμένοι από τους δέκτες αυτούς λειτουργούν και με τη μέθοδο της διαφοράς φάσεως και δίνουν πολύ μεγάλη ακρίβεια στίγματος, ενώ οι άλλοι λειτουργούν μόνο με τη μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου και δίνουν μικρότερη ακρίβεια.

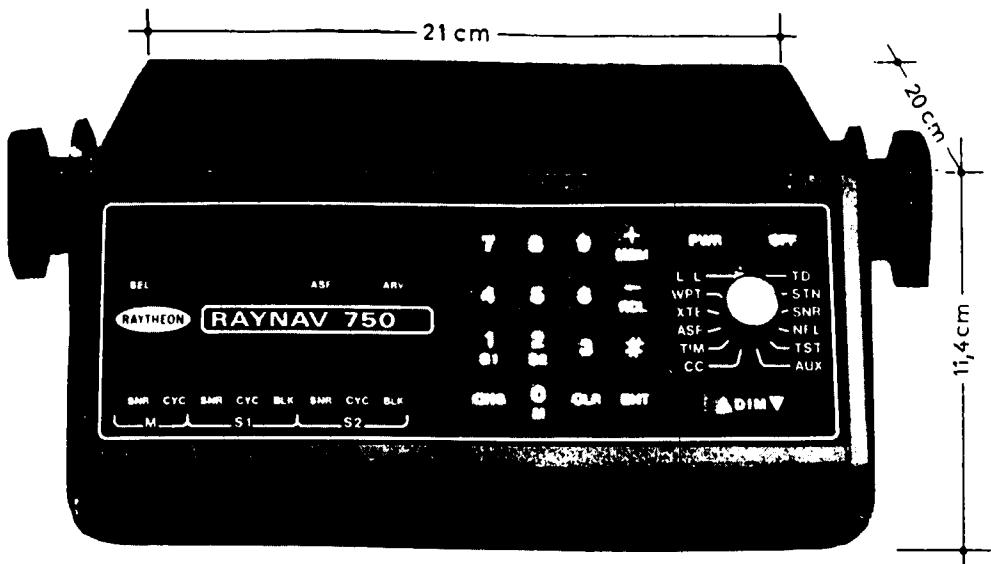
Ο χειρισμός δεκτών LORAN-C διαφέρει από δέκτη σε δέκτη και, για το λόγο αυτό, ο ναυτιλλόμενος πρέπει να συμβουλεύεται το εγχειρίδιο χρήσεως (operator's manual) της συσκευής.

Στο τμήμα αυτό του κεφαλαίου αυτού παρουσιάζονται κυρίως τα γενικά (κοινά) χαρακτηριστικά των συγχρόνων δεκτών LORAN-C και στη συνέχεια δίνονται μερικά παραδείγματα χρησιμοποίησεως ενός αντιπροσωπευτικού σύγχρονου δέκτη.

Ένας αντιπροσωπευτικός σύγχρονος δέκτης LORAN-C (σχ. 4.9) έχει τα επόμενα χαρακτηριστικά και δυνατότητες:

a) Επιλέγει αυτόματα τα σήματα των καταλλήλων σταθμών της χρησιμοποιούμενης αλυσίδας, τα οποία στη συνέχεια εξακολουθεί να λαμβάνει αυτόματα σε όλη τη διάρκεια της λειτουργίας του.

b) Εμφανίζει στον ενδείκτη της συσκευής τις μετρούμενες διαφορές χρόνου, που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του στίγματος, ο οποίος γίνεται με τη χρησιμοποίηση χαρτών ή πινάκων LORAN-C.



**Σχ. 4.9α.**  
Σύγχρονος δέκτης LORAN-C της εταιρείας Raytheon.

γ) Έχει τη δυνατότητα να παρουσιάζει, εκτός από τις μετρούμενες διαφορές χρόνου, και τις γεωγραφικές συντεταγμένες (φ, λ) του στίγματός μας.

δ) Η ακρίβειά του επηρεάζεται από τη λήψη άλλων εκπομπών (θορύβου) στην περιοχή συχνοτήτων λειτουργίας του. Για τον περιορισμό των παρεμβολών αυτών, που πολλές φορές δυσκολεύουν τη λήψη των σημάτων των σταθμών LORAN-C, οι περισσότεροι κατασκευαστές παρέχουν τη δυνατότητα εξαλείψεώς τους με τη θοήθεια ειδικών κυκλωμάτων «φίλτρων» (notch filters). Η ενεργοποίηση των φίλτρων αυτών, ανάλογα με το δέκτη, γίνεται αυτόμata ή από το χειριστή σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειρίδιου χρήσεως της συγκεκριμένης συσκευής.

ε) Εμφανίζει το λόγο σήματος προς θόρυβο έτσι, ώστε ο ναυτιλλόμενος να μπορεί άμεσα να διαπιστώνει την ύπαρξη παρεμβολών (θορύβου).

#### 4.9.2 Πρόσθετες δυνατότητες ορισμένων συγχρόνων δεκτών LORAN-C.

Ορισμένοι σύγχρονοι δέκτες έχουν και τις εξής επιπρόσθετες δυνατότητες:

1) Σχεδίαση και εκτέλεση πλου: Γίνεται με την επιλογή των σημείων προορισμού ή αλλαγής πορείας (waypoints) που προτοποθετούνται στη μνήμη της συσκευής και στη συνέχεια είναι δυνατό να υπολογισθούν και να απεικονισθούν στον ενδείκτη τα επόμενα στοιχεία:

- Η διόπτευση και απόσταση του επόμενου σημείου αλλαγής πορείας.
- Ο χρόνος πλου μέχρι το επόμενο σημείο αλλαγής πορείας.
- Στοιχεία της εκπτώσεως του πλοίου αριστερά ή δεξιά από τη σχεδιασθείσα διαδρομή.

– Πραγματική ως προς το θυθό πορεία και ταχύτητα.  
 2) Ασφάλεια αγκυροθολίας: Όταν έχομε έκπτωση μεγαλύτερη από την προτοποθετημένη στη μνήμη του δέκτη τιμή, ο δέκτης ειδοποιεί το ναυτιλλόμενο με ένα ηχητικό σήμα.

3) Παροχή ενδείξεως για την κατάσταση των λαμβανομένων από κάθε σταθμό σημάτων (λόγο σήματος προς θόρυβο κλπ).

4) Μετατροπή των γεωγραφικών συντεταγμένων (φ, λ) ενός σημείου στις αντίστοιχες διαφορές χρόνου και αντιστρόφων.

5) Τοποθέτηση των γνωστών για την περιοχή πλου διορθώσεως, που στη συνέχεια λαμβάνονται υπ' όψη στον υπολογισμό των επομένων στιγμάτων. Οι διορθώσεις αυτές μπορούν να προσδιορισθούν εύκολα από το ναυτιλλόμενο, όταν βρίσκεται σε κάποια γνωστή θέση (π.χ. προσδεμένος σε προβλήτα ή κατά τον παράπλου ακρωτηρίου κλπ.) και συγκρίνει τις ενδείξεις του δέκτη με τις αντίστοιχες γνωστές πραγματικές τιμές. Οι διορθώσεις αυτές μπορούν να τεθούν είτε με τη μορφή διορθώσεων διαφόρων χρόνων είτε με τη μορφή διορθώσεων πλάτους και μήκους.

Όλες αυτές οι δυνατότητες των συγχρόνων δεκτών LORAN-C φαίνονται στο παράδειγμα χρησιμοποιήσεως ενός αντιπροσωπευτικού δέκτη (§ 4.9.3).

Ορισμένοι, τέλος, πολύ εξελιγμένοι σύγχρονοι δέκτες έχουν τη δυνατότητα να συνδεθούν με μια ηλεκτρονική οθόνη στην οποία απεικονίζεται, με διαφορετικό χρώμα, το πραγματικό ίχνος του πλοίου, η πορεία που σχεδιάσθηκε, η ακτογραμμή κλπ. Τα στοιχεία αυτά είναι δυνατό να καταχωρισθούν και σε μαγνητική μνήμη (κασέτα) με δυνατότητα μελλοντικής απεικονίσεως.

#### **4.9.3 Τρόπος χρησιμοποίησεως ενός σύγχρονου δέκτη LORAN-C.**

Για την πληρέστερη κατανόηση των δυνατοτήτων ενός σύγχρονου δέκτη LORAN-C, παρουσιάζονται ορισμένα παραδείγματα από τη χρήση ενός αντιπροσωπευτικού δέκτη. Για το σκοπό αυτό επιλέχθηκε ο δέκτης του σχήματος 4.9.

#### **Επιλογή σταθμών.**

Η επιλογή της αλυσίδας των σταθμών που θα χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του στίγματος γίνεται ως εξής:

- Τοποθετούμε τον επιλογέα λειτουργίας στη θέση STN.
- Με τη θοήθεια του πληκτρολογίου καταχωρούμε το GRI της αλυσίδας των σταθμών που θα χρησιμοποιήσουμε πληκτρολογώντας το τετραψήφιο νούμερο του GRI και την εντολή ENT, οπότε στους δύο ενδείκτες εμφανίζονται στοιχεία της μορφής:

5990	1	2
1	2	5

Η επάνω ένδειξη σημαίνει ότι χρησιμοποιείται η αλυσίδα με GRI 5990 (θλ. § 4.2.1) και για τον προσδιορισμό του στίγματος επιλέχθηκαν, από την τελευταία φορά που χρησιμοποιήθηκε ο δέκτης, οι δευτερεύοντες σταθμοί 1 και 2. Η κάτω ένδειξη σημαίνει ότι ο δέκτης λαμβάνει σήματα από τους σταθμούς 1, 2 και 5.

Στο σημείο αυτό πρέπει να διευκρινισθεί, τι σημαίνουν οι αριθμοί 1, 2 και 5 που χρησιμοποιούνται για το συμβολισμό των δευτερευόντων σταθμών. Ο κανονικός συμβολισμός των δευτερευόντων σταθμών μιας αλυσίδας γίνεται με τα γράμματα X, Y, Z και W. Εν τούτοις, για καθαρά πρακτικούς λόγους, ορισμένες φορές ο ναυτιλλόμενος συμβολίζει τους δευτερεύοντες σταθμούς με το πρώτο ψηφίο του αριθμού που φανερώνει τη διαφορά χρόνου σε μικροδευτερόλεπτα.

Αν θελήσουμε να αλλάξουμε τους δευτερεύοντες που χρησιμοποιούνται, έχοντας τον επιλογέα λειτουργίας στη θέση STN, πιέζομε το πλήκτρο S1 (ή S2) και στη συνέχεια το πρώτο ψηφίο του νέου δευτερεύοντα και την εντολή ENT.

#### **Απεικόνιση του στίγματος.**

Η απεικόνιση του στίγματος στο δέκτη μπορεί να γίνει με τους επόμενους δυο τρόπους:

a) Με την τοποθέτηση του επιλογέα λειτουργίας στη θέση L/L (Latitude/Longitude), οπότε στους δυο ενδείκτες εμφανίζεται το γεωγραφικό πλάτος και μήκος ως εξής:

N 42° 24.58'
W 71° 58.24'

b) Με την τοποθέτηση του επιλογέα λειτουργίας στη θέση TD (Time Differences), οπότε στους δυο ενδείκτες εμφανίζονται οι δυο διαφορές χρόνου που προσδιορίζουν τις αντίστοιχες υπερβολικές γραμμές θέσεως επάνω στο ναυτικό χάρτη.

14010.7 μS	- S1 TD
26237.5 μS	- S1 TD

#### **Απεικόνιση πορείας και ταχύτητας του σκάφους.**

Η απεικόνιση της πορείας και ταχύτητας του σκάφους γίνεται με την τοποθέτηση του επιλογέα λειτουργίας στη θέση L/L και πάτημα του κουμπιού CHG, οπότε εμφανίζονται οι ενδείξεις:

πορεία	ταχύτητα
↓	
108°	05.2 KT

#### **Έλεγχος των λαμβανομένων σημάτων LORAN-C.**

Ο έλεγχος αυτός γίνεται με την τοποθέτηση του επιλογέα λειτουργίας στη θέση SNR, οπότε εμφανίζονται ενδείξεις της μορφής:

SNR	888	
85	65	78

Τα τρία ψηφία της επάνω ενδείξεως (888) απεικονίζουν τις συνθήκες λήψεως των σημάτων του κύριου και των δυο δευτερεύοντων σταθμών (ενδείξεις 0 και 1 σημαίνουν ότι καταβάλλεται προσπάθεια λήψεως των σημάτων από τον αντίστοιχο σταθμό, ενδείξεις 2, 3, 4 σημαίνουν, ότι γίνεται λήψη και αρχική επεξεργασία των σημάτων, ενδείξεις 5, 6, 7 σημαίνουν, ότι γίνεται η τελική επεξεργασία των λαμβανομένων σημάτων, ενώ η ένδειξη 9 σημαίνει, ότι δεν πραγματοποιείται ικανοποιητική λήψη).

Οι τρεις διψήφιοι αριθμοί της κάτω ενδείξεως (85, 65, 78) απεικονίζουν το λόγο σήματος προς θόρυβο (signal to noise ratio) του κύριου και των δευτερεύοντων σταθμών. Οι τιμές αυτές αξιολογούνται ως εξής: (70-99 πολύ καλές, 40-70 ικανοποιητικές, 15-40 χαμηλές, 0-15 ακατάλληλες).

#### **Ενδείξεις ανωμαλιών στις εκπομπές των σταθμών LORAN-C.**

Οι ενδείξεις αυτές εικονίζονται στο κάτω μέρος του ενδείκτη και όταν εμφανίζει κάποια από αυτές αναβοσθήνει και το μικρό τρίγωνο κάτω από τον επιλογέα λειτουργίας.

#### **Χρησιμοποίηση του ενσωματωμένου στο δέκτη υπολογιστή για υποθοήθηση του πλου.**

Με τη βοήθεια του ενσωματωμένου στο δέκτη υπολογιστή ο ναυτιλλόμενος έχει τη δυνατότητα να καταχωρίσει τη διαδρομή του στη μνήμη του δέκτη τοποθετώντας μέχρι 50 προκαθορισμένα σημεία αλλαγής πορείας ή προορισμού (waypoints). Στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια του πλου, έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει στους δυο ενδείκτες του δέκτη τα επόμενα στοιχεία:

- Διόπτευση και απόσταση προς το επόμενο σημείο αλλαγής πορείας.
- Έκπτωση σε ναυτικά μίλια δεξιά ή αριστερά από την προσχεδιασθείσα πορεία προς το επόμενο σημείο αλλαγής πορείας.
- Χρόνο που απαιτείται για να φθάσει στο επόμενο σημείο προορισμού αλλαγής πορείας.
- Ηχητική σήμανση ότι έφθασε στο σημείο προορισμού αλλαγής πορείας.

Οι παραπάνω λειτουργίες εκτελούνται ως εξής:

#### **Καταχώριση σημείων προορισμού-αλλαγής πορείας στη μνήμη του δέκτη.**

**α)** Καταχώριση της παρούσας θέσεως (στίγματος σαν σημείο αλλαγής πορείας).

Στην περίπτωση αυτή ο επιλογέας λειτουργίας πρέπει να βρίσκεται στη θέση L/L ή TD, οπότε οι αντίστοιχες ενδείξεις καταχωρίζονται με τις εντολές: διψήφιος αριθμός σημείου (από 01 έως 50), MEM και ENT.

**β)** Καταχώριση προσχεδιασμένων σημείων αλλαγής πορείας με τις γεωγραφικές τους συντεταγμένες.

Στην περίπτωση αυτή ο επιλογέας λειτουργίας πρέπει να βρίσκεται στη θέση WPT, οπότε η καταχώριση γίνεται με τις εντολές: διψήφιος αριθμός σημείου (01 έως 50), ENT, CHG γεωγραφικό πλάτος του σημείου που πρέπει να καταχωρισθεί, ENT, γεωγραφικό μήκος του σημείου που πρόκειται να καταχωρισθεί, ENT.

## **Παράδειγμα:**

Έστω, ότι θέλουμε να καταχωρίσουμε το σημείο  $\Phi = 48^\circ 20.00' \text{ N}$ ,  $\lambda = 126^\circ 30.00' \text{ W}$  ως σημείο υπ' αριθμόν 25. Οι εντολές που δίνουμε είναι:

#, 2, 5, ENT, CHG, 4, 8, 2, 0, 0, 0, ENT, -, 1, 2, 6, 3, 0, 0, 0, ENT. (Η εντολή/πλήκτρο - χρησιμοποιείται γιατί το μήκος είναι δυτικό).

#, 2, 5, ENT 25 17-25  
117° 45.82 NM

CHG N 00° 00.00' E 00° 00.00'

4, 8, 2, 0, 0, 0, ENT

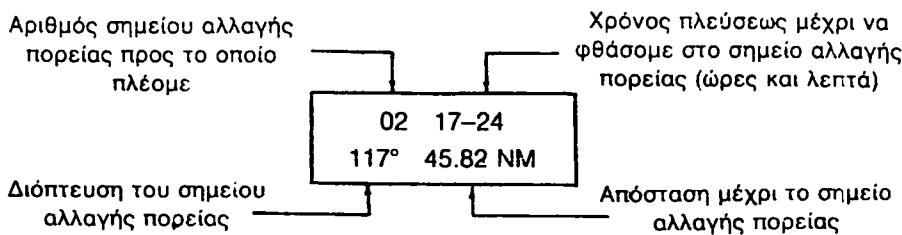
-1, 2, 6, 3, 0, 0, 0, ENT

γ) Καταχώριση προσχεδιασμένων σημείων αλλαγής πορείας με τις διαφορές χρόνου.

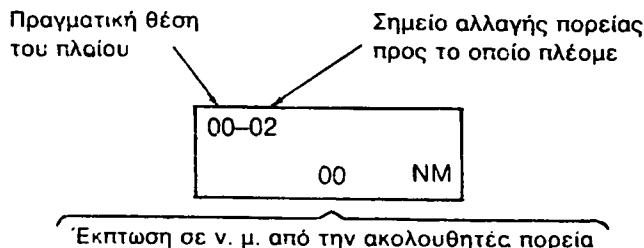
Για την καταχώριση αυτή ο επιλογέας λειτουργίας τοποθετείται κατ' αρχή στη θέση AUX και καταχωρίζεται το GRI της αλυσίδας και στη συνέχεια στη θέση CC και καταχωρίζονται οι δύο διαφορές χρόνου.

### **Απεικόνιση στοιχείων πλου.**

1) Όταν ο επιλογέας λειτουργίας τεθεί στη θέση WPT έχομε ενδείξεις της μορφής:



2) Όταν ο επιλογέας λειτουργίας τεθεί στη θέση XTE, έχομε ενδείξεις της μορφής:



3) Όταν ο επιλογέας λειτουργίας τεθεί στη θέση XTE και πιεσθεί το κουμπί CHG, έχομε ενδείξεις της μορφής:

N 42° 58.24'
W 71° 24.88'

Παρούσα θέση (στίγμα)  
του πλοίου

4) Για να υπολογισθεί η διόπτευση και η απόσταση μεταξύ δυο οποιονδήποτε σημείων (έστω του 01 και του 25), τοποθετούμε τον επιλογέα λειτουργίας στη θέση XTE και στη συνέχεια δίνομε τις εντολές:

CHG, 0, 1, 2, 5, ENT

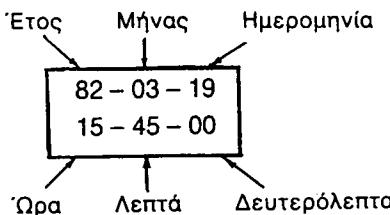
οπότε στην οθόνη εμφανίζονται τα στοιχεία:

'01-25
60° 82.05 NM

#### **Άλλες λειτουργίες του δέκτη.**

Μερικές άλλες λειτουργίες του δέκτη είναι:

1) Απεικόνιση στοιχείων χρόνου, που γίνεται με τον επιλογέα λειτουργίας στη θέση TIM, οπότε έχομε ενδείξεις της μορφής:



2) Μετατροπή διαφορών χρόνου σε γεωγραφικές συντεταγμένες και αντίστροφα (γίνονται με τον επιλογέα λειτουργίας στη θέση CC).

3) Ηχητική σήμανση για έκπτωση από προκαθορισθείσα πορεία ή αγκυροβόλιο.

#### **4.9.4 Άλλες κατηγορίες δεκτών LORAN-C.**

Είναι αυτονόητο ότι στο βιβλίο αυτό, που δεν αποτελεί εγχειρίδιο χρήσεως (operator's manual) κάποιας συσκευής, αλλά γενικό εκπαιδευτικό βιβλίο, στο οποίο αναπτύσσονται οι αρχές λειτουργίας και τα γενικά χαρακτηριστικά των διαφόρων ραδιοναυτιλιακών θοηθμάτων, δεν είναι δυνατό, και δεν πρέπει να γίνει πλήρης περιγραφή του τρόπου χρήσεως συγκεκριμένων συσκευών. Τα παραπάνω παραδείγματα από τη χρήση ενός σύγχρονου δέκτη LORAN-C, πα-

ρουσιάσθηκαν απλά για να γίνουν περισσότερο κατανοητές οι τεράστιες δυνατότητες των συγχρόνων ραδιοναυτιλιακών θοηθημάτων. Εξ άλλου είναι αυτονόητο ότι ο ναυτιλλόμενος για την αξιοποίηση του δέκτη του πρέπει να μελετήσει το αντίστοιχο εγχειρίδιο χρήσεως (operator's manual) που υπάρχει στο πλοίο.

Εκτός από το δέκτη που περιγράφηκε παραπάνω, κυκλοφορούν αρκετοί δέκτες διαφόρων κατασκευαστών με ανάλογες δυνατότητες, η περιγραφή των οποίων ξεφεύγει από το σκοπό του βιβλίου αυτού. Πάντως, στο κεφάλαιο 10 περιγράφονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες που υπάρχουν στους σύγχρονους δέκτες των διαφόρων συστημάτων προσδιορισμού στίγματος καθώς και στους δέκτες που συνδυάζουν περισσότερα από ένα συστήματα (π.χ. συνδυασμένοι δέκτες LORAN-C και GPS κλπ.).

---

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

### ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ OMEGA

#### 5.1 Τρόπος λειτουργίας του συστήματος OMEGA.

Το OMEGA είναι ένα υπερβολικό σύστημα καθορισμού στίγματος παγκόμιας καλύψεως, που λειτουργεί με τη μέθοδο μετρήσεως της διαφοράς φάσεως (§ 3.3) στην περιοχή των πολύ χαμηλών συχνοτήτων (VLF).

Το σύστημα OMEGA αναπτύχθηκε στη σημερινή του μορφή από το πολεμικό ναυτικό των ΗΠΑ κατά τις αρχές της δεκαετίας του 1960, ενώ από το 1971 όλη την υποστήριξη, τον έλεγχο και την ανάπτυξη του συστήματος ανέλαβε η ακτοφυλακή των ΗΠΑ (U.S. Coast Guard).

Το στίγμα OMEGA προκύπτει από την τομή δυο υπερβολικών γραμμών θέσεως, κάθε μια από τις οποίες προκύπτει από τη μέτρηση της διαφοράς φάσεως των σημάτων δυο σταθμών OMEGA που λαμβάνονται στο δέκτη.

Οι σταθμοί αυτοί είναι συνολικά οκτώ και χαρακτηρίζονται με τα γράμματα **A, B, C, D, E, F, G** και **H** (σχ. 5.1). Λόγω της μεγάλης εμβέλειας των πολύ χαμηλών συχνοτήτων (VLF) στις οποίες λειτουργεί το OMEGA, με τη βοήθεια των οκτώ σταθμών είναι δυνατός ο καθορισμός του στίγματος σε οποιοδήποτε σημείο της υδρογείου.

Ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό αυτού του συστήματος είναι ότι δεν υπάρχουν κύριοι και δευτερεύοντες σταθμοί, όπως στα άλλα υπερβολικά συστήματα (LORAN - C, DECCA). Για τον καθορισμό του στίγματος OMEGA, ανάλογα με την περιοχή στην οποία βρίσκεται ο δέκτης, επιλέγονται δυο ζεύγη σταθμών για κάθε ένα από τα οποία προσδιορίζεται μια υπερβολική γραμμή θέσεως και το στίγμα του πλοίου προκύπτει από την τομή δύο τέτοιων γραμμών.

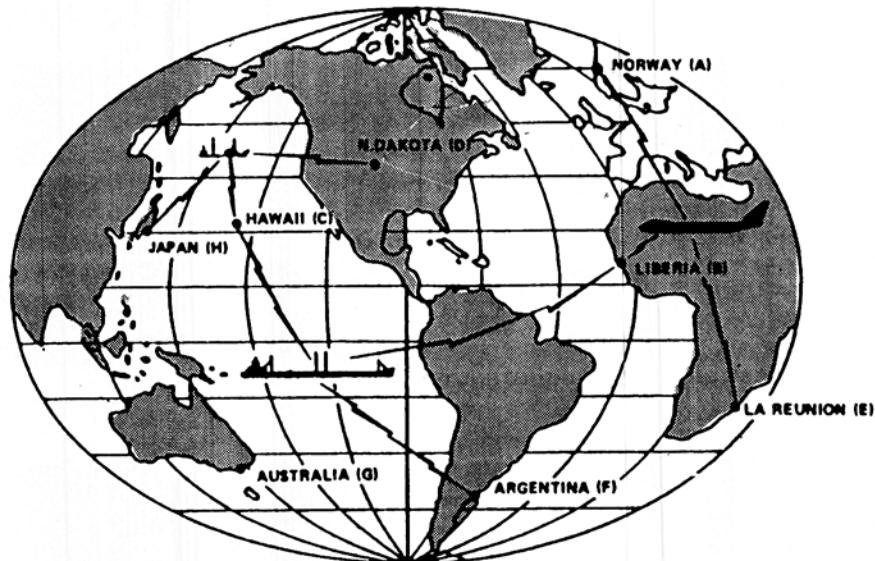
Έτσι, για τον καθορισμό του στίγματος OMEGA στο Αιγαίο μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα ζεύγη σταθμών A-B και C-E για κάθε ένα από τα οποία προσδιορίζεται μια υπερβολική γραμμή θέσεως και το στίγμα του πλοίου προκύπτει από την τομή των δυο αυτών γραμμών.

Στην πράξη ο ναυτιλλόμενος προσδιορίζει το στίγμα OMEGA με έναν από τους επόμενους τρόπους:

α) Απ' ευθείας από τις ενδείξεις πλάτους και μήκους που παρέχουν οι σύγχρονοι δέκτες.

β) Με τη χρησιμοποίηση ειδικών χαρτών OMEGA επάνω στους οποίους είναι σχεδιασμένες οι υπερβολικές γραμμές θέσεως που αντιστοιχούν στις μετρούμενες διαφορές φάσεως (§ 5.6).

γ) Με τη χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων (§ 5.11.4).



Σταθμός	Τοποθεσία	Πλάτος	Μήκος
A	Aldra, Norway	66° 25' N	13° 09' N
B	Monrovia, Liberia	6° 18' N	10° 40' W
C	Halekū, Hawaii	21° 24' N	157° 50' W
D	La Moure, North Dakota	46° 22' N	98° 20' W
E	La Reunion	20° 58' S	55° 17' E
F	Golfo Nuevo, Argentina	43° 03' S	65° 11' W
G	Woodside, Australia	38° 29' S	146° 56' E
H	Tsushima, Japan	34° 37' N	129° 27' E

Σχ. 5.1.  
Δίκτυο σταθμών OMEGA.

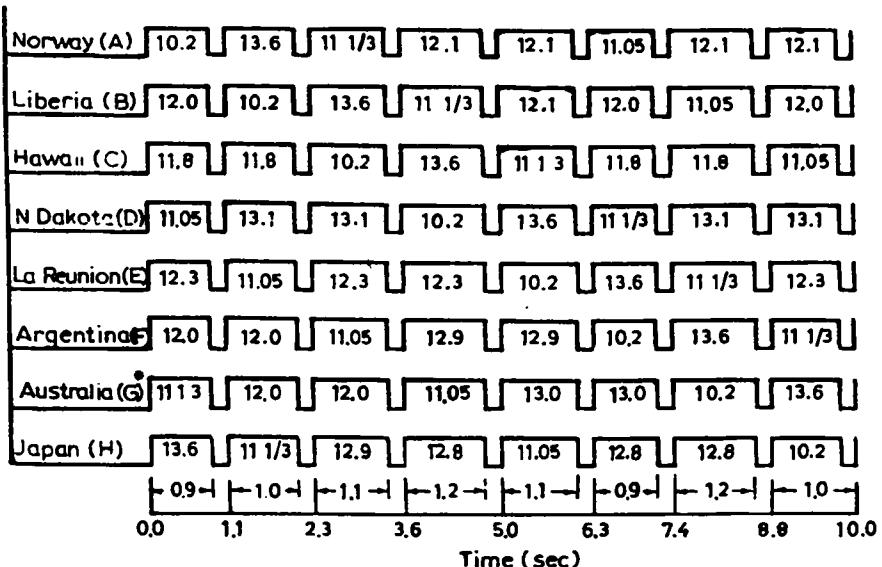
## 5.2 Εκπομπή σταθμών OMEGA.

Κάθε ένας από τους οκτώ σταθμούς OMEGA (σχ. 5.1) εκπέμπει κάθε 10 sec στις συχνότητες 10,2 kHz, 13,6 kHz και 11,33 kHz σύμφωνα με το χρονοδιάγραμμα εκπομπής του σχήματος 5.2. Επίσης ο κάθε σταθμός εκπέμπει και σε μια τέταρτη, ξεχωριστή συχνότητα (σχ. 5.2), η οποία όμως δεν χρησιμοποιείται για τη μέτρηση διαφοράς φάσεως και τον καθορισμό του στίγματος.

Η μέθοδος αυτή της διαδοχικής λειτουργίας κάθε σταθμού OMEGA σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα του κύκλου εκπομπής των 10 sec, λέγεται μέθοδος **καταμερισμού χρόνου** (time sharing).

Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.2, ο κύκλος εκπομπής των 10 sec διαιρείται σε οκτώ χρονικά διάστημα εκπομπής, που χαρακτηρίζονται με τα γράμματα A, B, C, D, E, F, G, και H και διαρκούν:

το πρώτο χρονικό διάστημα εκπομπής A..... 0,9 sec  
το δεύτερο χρονικό διάστημα εκπομπής B ..... 1,0 sec



**Σχ. 5.2.**  
Χρονοδιάγραμμα εκπομπής σταθμών OMEGA.

το τρίτο χρονικό διάστημα εκπομπής C ..... 1,1 sec  
 το τέταρτο χρονικό διάστημα εκπομπής D ..... 1,2 sec  
 το πέμπτο χρονικό διάστημα εκπομπής E ..... 1,1 sec  
 το έκτο χρονικό διάστημα εκπομπής F ..... 0,9 sec  
 το έβδομο χρονικό διάστημα εκπομπής G ..... 1,2 sec  
 το όγδοο χρονικό διάστημα εκπομπής H ..... 1,0 sec  
 Τα χρονικά διαστήματα εκπομπής A, B, C, D, E, F, G και H δεν πρέπει να συγχέονται με τα σύμβολα των οκτώ σταθμών OMEGA.

Τα παραπάνω οκτώ χρονικά διαστήματα του κύκλου εκπομπής απέχουν μεταξύ τους 0,2 sec, έτσι, ώστε να αποκλείεται το ενδεχόμενο της ταυτόχρονης εκπομπής σημάτων της ίδιας συχότητας από δυο διαφορετικούς σταθμούς.

Για το συγχρονισμό των εκπομπών τους, οι σταθμοί OMEGA διαθέτουν ατομικά χρονόμετρα καισίου, τα οποία διατηρούνται σε απόλυτο συγχρονισμό με διορθώσεις που προκύπτουν από τη λήψη σημάτων των σταθμών κάποιας αλυσίδας ΛΟΡΑΝ-С ή του χρόνου GPS<sup>(1)</sup>.

Παρατηρούμε (σχ. 5.2) ότι σε κάθε ένα από τα οκτώ χρονικά διαστήματα εκπομπής εκπέμπουν μόνο τέσσερις σταθμοί στις τέσσερις συχνότητες εκπομπής (10,2 kHz, 13,6 kHz, 11,33 kHz και 11,05 kHz) που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό του στίγματος. Έτσι βλέπομε ότι στο πρώτο χρονικό διάστημα εκπομπής A που διαρκεί 0,9 sec, εκπέμπει ο σταθμός A στους 10,2 kHz, ο G

(1) Χρόνος GPS είναι ο ακριβής χρόνος του νέου δορυφορικού συστήματος καθορισμού στίγματος Global Positioning System (κεφ. 9).

στους 11,33 kHz και ο Η στους 13,6 kHz, ενώ στο τέταρτο χρονικό διάστημα εκπομπής Δ που διαρκεί 1,2 sec. εκπέμπει ο σταθμός Β στους 11,33 kHz, ο Κ στους 13,6 kHz και ο Δ στους 10,2 kHz.

Επειδή για λόγους συντηρήσεως κάθε σταθμός OMEGA πρέπει να διακόψει τη λειτουργία του επί ορισμένο χρόνο και προκειμένου να διευκολυνθούν οι ναυτιλόμενοι στην επιλογή των εκάστοτε καταλληλοτέρων από τόυς διαθέσιμους σταθμούς, η λειτουργία κάθε σταθμού διακόπτεται μόνο στο συγκεκριμένο μήνα που έχει προγραμματισθεί η συντήρησή του. Οι μήνες συντηρήσεως των σταθμών OMEGA είναι οι εξής:

Σταθμός	Μήνας συντηρήσεως
A (Norway)	Ιούλιος
B (Liberia)	Απρίλιος
C (Hawaii)	Μάιος
D (N. Dacota)	Σεπτέμβριος
E (Reunion)	Ιούνιος
F (Argentina)	Μάρτιος
G (Australia)	Φεβρουάριος
H (Japan)	Οκτώβριος

### 5.3 Μέτρηση της διαφοράς φάσεως στο δέκτη OMEGA.

Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 3.3, η μέθοδος μετρήσεως διαφοράς φάσεως στηρίζεται στην ταυτόχρονη εκπομπή δυο σημάτων της ίδιας συχνότητας και φάσεως από τους σταθμούς της αντίστοιχης γραμμής βάσεως.

Στο σύστημα OMEGA, επειδή οι εκπομπές των σταθμών δεν είναι ταυτόχρονες, ο προσδιορισμός της διαφοράς φάσεως των λαμβανομένων στο δέκτη σημάτων, που εκπέμπονται από δυο σταθμούς OMEGA, γίνεται μέσω ενός σήματος αναφοράς που παράγεται στον τοπικό ταλαντωτή του δέκτη.

Το σήμα αναφοράς του δέκτη έχει την ίδια συχνότητα με τα λαμβανόμενα σήματα των σταθμών που πρόκειται να μετρήσουμε τη διαφορά φάσεως. Τα σήματα κάθε συχνότητας που εκπέμπονται σε ένα κύκλο εκπομπής (10 sec) από όλους τους σταθμούς OMEGA θρίσκονται σε συγχρονισμό φάσεως. Τα σήματα αυτά, όταν ληφθούν στο δέκτη, συγκρίνονται με το σήμα αναφοράς και για κάθε ένα προσδιορίζεται η διαφορά φάσεώς του από το σήμα αναφοράς. Στη συνέχεια η διαφορά φάσεως τών λαμβανομένων σημάτων προκύπτει από την αφαίρεση των παραπάνω διαφορών φάσεως ως προς το σήμα αναφοράς.

Προκειμένου να μετρηθεί η διαφορά φάσεως μεταξύ των λαμβανομένων από τους σταθμούς Α και Β σημάτων, αν  $\Phi_0$  η φάση του σήματος αναφοράς που παράγεται στον τοπικό ταλαντωτή του δέκτη,  $\Phi_A$  η φάση του σήματος που λαμβάνεται από το σταθμό Α και  $\Phi_B$  η φάση του σήματος που λαμβάνεται από το σταθμό Β, ο δέκτης λαμβάνει πρώτα το σήμα που προέρχεται από το σταθμό Α (που το χαρακτηριστικό του γράμμα προηγείται στην αλφαριθμητική

σειρά) και υπολογίζει τη διαφορά φάσεώς του από το σήμα αναφοράς:

$$\Delta\Phi_A = \Phi_A - \Phi_0$$

Στη συνέχεια, λαμβάνεται το σήμα που προέρχεται από το σταθμό B και υπολογίζεται η διαφορά φάσεώς του από το σήμα αναφοράς:

$$\Delta\Phi_B = \Phi_B - \Phi_0$$

Η διαφορά φάσεως μεταξύ των λαμβανομένων από τους σταθμούς A και B σημάτων προκύπτει από την αφαίρεση των μετρηθέντων διαφορών φάσεως  $\Delta\Phi_A$  και  $\Delta\Phi_B$ :

$$\Delta\Phi_A - \Delta\Phi_B = \Phi_A - \Phi_0 - (\Phi_B - \Phi_0) = \Phi_A - \Phi_B$$

Το σήμα αναφοράς του δέκτη δεν είναι απαραίτητο να βρίσκεται σε συγχρονισμό φάσεως με τα εκπεμπόμενα από τους σταθμούς OMEGA σήματα, γιατί οποιαδήποτε απόκλιση απαλείφεται κατά την αφαίρεση των δυο διαφορών φάσεως.

Η μέτρηση της διαφοράς φάσεως στο δέκτη για τον προσδιορισμό της αντίστοιχης υπερβολικής γραμμής θέσεως παλαιότερα γινόταν μόνο στη βασική συχνότητα των 10,2 kHz, ενώ οι υπόλοιπες συχνότητες (13,6 kHz, 11,33 kHz και 11,05 kHz) χρησιμοποιούνταν για την αναγνώριση διαύλου. Εν τούτοις, οι σύγχρονοι δέκτες προκειμένου να αντισταθμίσουν τα σφάλματα διαδόσεως των σημάτων OMEGA, προσδιορίζουν το στίγμα από μετρήσεις διαφορών φάσεως, που γίνονται και σε περισσότερες συχνότητες (π.χ. 10,2 kHz και 13,6 kHz). Ο σύνθετος αυτός προδιορισμός του στίγματος στηρίζεται σε πολύπλοκο λογισμικό για τη δημιουργία του οποίου απαιτήθηκαν μακροχρόνιες και επίπονες έρευνες και επαληθεύσεις.

#### 5.4 Αναγνώριση λαμβανομένων σημάτων στο δέκτη 'OMEGA (συγχρονισμός του δέκτη).

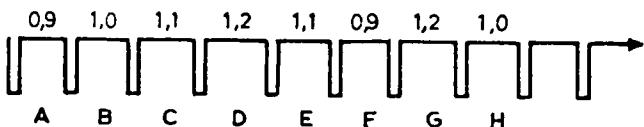
Προκειμένου να γίνει η μέτρηση της διαφοράς φάσεως των λαμβανομένων στο δέκτη OMEGA σημάτων, πρέπει να προσδιορισθούν οι σταθμοί από τους οποίους προέρχονται.

Αν υποθέσουμε ότι σε κάποιο σημείο της γης λαμβάνονται στη βασική συχνότητα 10,2 kHz σήματα της ίδιας εντάσεως και από τους οκτώ σταθμούς OMEGA, τότε τα σήματα αυτά θα έχουν τη μορφή του σχήματος 5.4a. Στην πράξη όμως λαμβάνονται σήματα μόνο από 5-6 σταθμούς με διαφορετικές εντάσεις που έχουν τη μορφή του σχήματος 5.4b.

Πριν γίνει η μέτρηση της διαφοράς φάσεως, ο δέκτης πρέπει να προσδιορίσει για κάθε ένα από τα σήματα του σχήματος 5.4b το σταθμό από τον οποίο προέρχεται. Η διαδικασία αυτή λέγεται **συγχρονισμός του δέκτη** και ανάλογα με το δέκτη είναι δυνατό είτε να απαιτείται και επέμβαση του χειριστή, οπότε

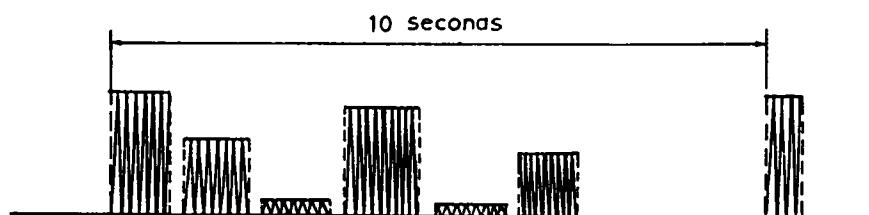
έχομε χειροκίνητο συγχρονισμό, είτε να γίνεται αυτομάτα, οπότε έχομε **αυτόματο συγχρονισμό**.

Ο συγχρονισμός του δέκτη, είτε είναι αυτόματος είτε όχι, στηρίζεται στην ταύτιση του λαμβανόμενου σήματος (σχ. 5.48) με ένα σήμα αναφοράς που δημιουργείται στο δέκτη και έχει τη μορφή του σχήματος 5.4a. Η μέθοδος αυτή φαίνεται στο σχήμα 5.4g.



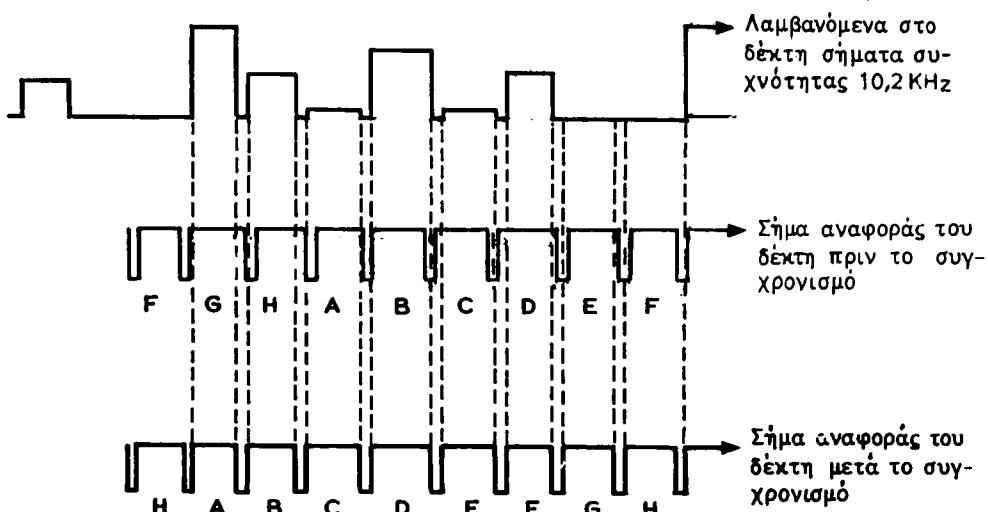
Σχ. 5.4a.

Εκπομπή σημάτων συχνότητας 10,2 kHz από τους 8 σταθμούς OMEGA.



Σχ. 5.4b.

Λήψη σημάτων συχνότητας 10,2 kHz σε ένα τόπο της γης.  
(Στο παράδειγμα αυτό λαμβάνονται σήματα πάνω από 6 σταθμούς).



Σχ. 5.4c.

Συγχρονισμός των λαμβανομένων στο δέκτη σημάτων OMEGA.

Μια μέθοδος αυτόματου συγχρονισμού στηρίζεται στη χρονομέτρηση από το δέκτη της διάρκειας δυο διαδοχικών σημάτων (της ίδιας συχνότητας). Για παράδειγμα αναφέρεται, ότι ένα σήμα της βασικής συχνότητας των 10,2 kHz, διάρκειας 1,1 sec ακολουθούμενο από ένα σήμα διάρκειας 0,9 sec αντιστοιχεί στο σταθμό Ε και όχι στον C (σχ. 5.4a).

Μια άλλη μη αυτόματη μέθοδος συγχρονισμού που χρησιμοποιείται σε ορισμένους δέκτες στηρίζεται στην επέμβαση του χειριστή για τη χρονική ταύτιση της ενάρξεως του κύκλου εκπομπής των 10 sec με την έναρξη εκπομπής του σήματος του σταθμού A. Ο χρονικός αυτός συγχρονισμός επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση ενός χρονομέτρου ακρίβειας και την ενεργοποίηση του συστήματος συγχρονισμού του σήματος αναφοράς του δέκτη τη χρονική στιγμή ενάρξεως εκπομπής του σταθμού A.

Άλλη μη αυτόματη μέθοδος συγχρονισμού στηρίζεται στην επιλογή από το χειριστή του πλησιέστερου σταθμού του οποίου το σήμα θα είναι εντονότερο. Τότε με την αντίστοιχη εντολή, η οποία δίνεται με το κατάλληλο πλήκτρο της συσκευής, το σήμα αναφοράς του δέκτη μετακινείται όσο απαιτείται για την ταύτιση του σταθμού επιλογής με το ισχυρότερο από τα δυο λαμβανόμενα σήματα της ίδιας χρονικής διάρκειας. Για παράδειγμα αναφέρεται ότι, αν το πλοίο βρίσκεται κοντά τις δυτικές ακτές της Αφρικής, επιλέγεται ο σταθμός B (Liberia), οπότε το σήμα αναφοράς του δέκτη θα μετακινηθεί, ώστε το σήμα του σταθμού B να ταυτιστεί με το λαμβανόμενο σήμα διάρκειας 1,0 sec που έχει τη μεγαλύτερη ένταση (εκτός από το σήμα του σταθμού B στον κύκλο εκπομπής των 10 sec υπάρχει και το σήμα του σταθμού της Ιαπωνίας που έχει διάρκεια 1,0 sec, αλλά το σήμα αυτό δεν λαμβάνεται υπόψη, γιατί έχει πολύ μικρή ένταση).

## 5.5 Δίαυλοι OMEGA.

Το εύρος διαύλου OMEGA που αντιστοιχεί στη βασική συχνότητα λειτουργίας των 10,2 kHz είναι 8 περίπου ν.μ. (όσο το μισό του αντίστοιχου μήκους κύματος). Επομένως, οι υπερθολικές γραμμές μηδενικής διαφοράς φάσεως, που αντιστοιχούν σε ένα ζεύγος σταθμών OMEGA, τέμνουν τη γραμμή βάσεως σε διάφορα σημεία που απέχουν μεταξύ τους απόσταση 8 περίπου ν.μ.

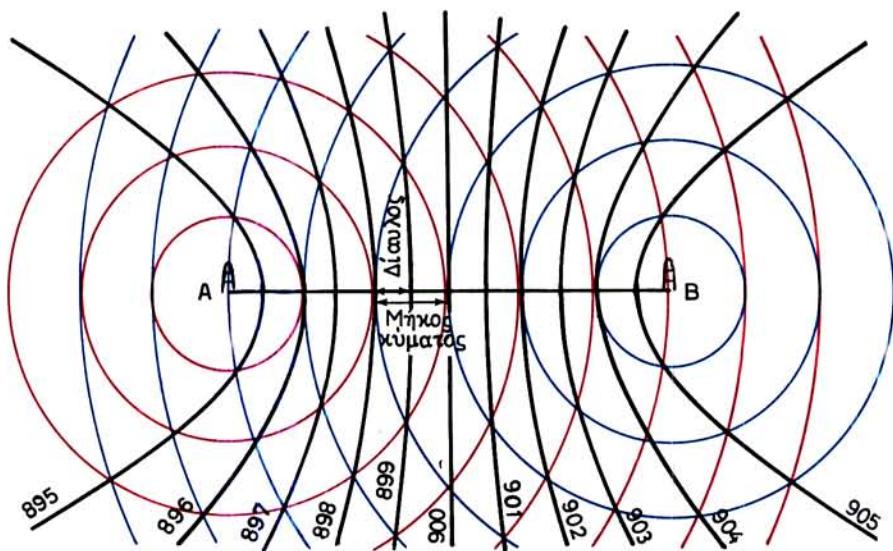
Σύμφωνα με τα παραπάνω, σε ένα αντιπροσωπευτικό μήκος γραμμής βάσεως OMEGA, που είναι 5000 περίπου ν.μ., αντιστοιχούν περίπου 600 δίαυλοι και ισάριθμες υπερθολικές γραμμές μηδενικής διαφοράς φάσεως.

Οι δίαυλοι που αντιστοιχούν σε ένα ζεύγος σταθμών OMEGA (σχ. 5.5) αριθμολογούνται με τον επόμενο τρόπο:

α) Ο δίαυλος που περνά από το μέσο της γραμμής βάσεως έχει πάντα τον αριθμό 900.

β) Οι δίαυλοι που βρίσκονται προς το σταθμό που το χαρακτηριστικό του γράμμα προηγείται στο λατινικό αλφάριθμο έχουν αριθμούς μικρότερους του 900 (π.χ. 899, 898, 897...).

γ) Οι δίαυλοι που βρίσκονται προς το σταθμό που το χαρακτηριστικό του γράμμα έπεται στο λατινικό αλφάριθμο έχουν αριθμούς μεγαλύτερους του 900 (π.χ. 901, 902...).



Σχ. 5.5.  
Διαυλοί υπερβολικού συστήματος OMEGA.

### 5.6 Απεικόνιση υπερβολικών γραμμών θέσεως στους χάρτες ΟΜΕΓΑ.

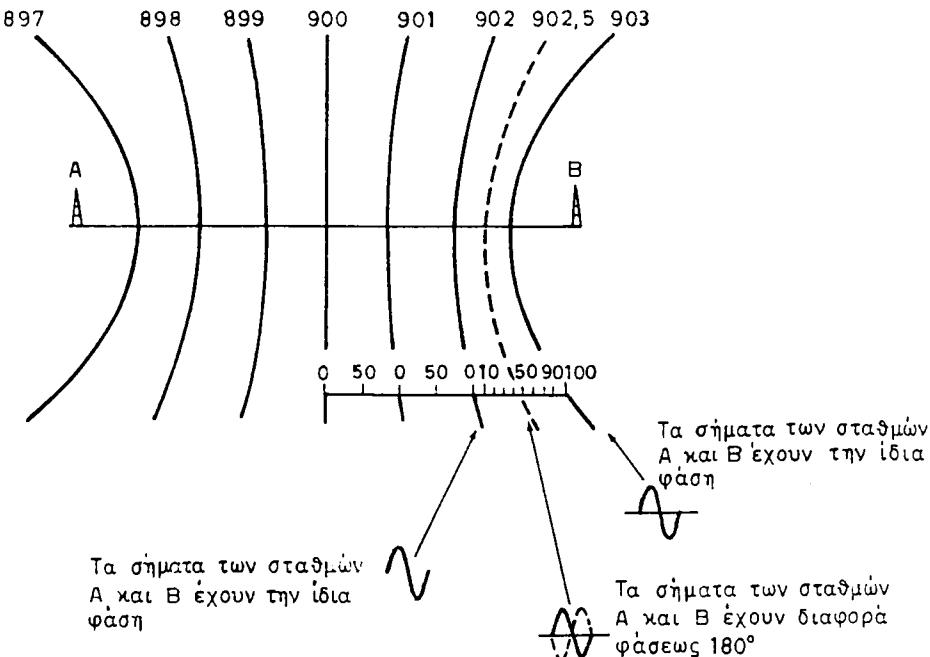
Ο δέκτης OMEGA προσδιορίζει τη διαφορά φάσων μεταξύ των σημάτων που προέρχονται από δυο σταθμούς με ακρίβεια ενός εκατοστού του διαύλου που λέγεται **εκατοστοδίαυλος** (centilane).

Οι υπερβολικές γραμμές θέσεως OMEGA χαρακτηρίζονται από ένα δεκαδικό αριθμό με δυο δεκαδικά ψηφία, στον οποίο, το μεν ακέραιο μέρος του δείχνει τον αριθμό του διαύλου μέσα στον οποίο βρίσκεται η αντιστοιχη υπερβολική γραμμή θέσεως, ενώ το δεκαδικό την ακριβή θέση της γραμμής θέσεως μέσα στο δίαυλο σε εκατοστοδιαύλους (σχ. 5.6a).

Στο σχήμα 5.6b φαίνεται ένα απόσπασμα χάρτη OMEGA, στο οποίο απεικονίζονται διάφορες ομάδες υπερβολικών γραμμών θέσεως που αντιστοιχούν σε ορισμένες γραμμές βάσεως όπως π.χ. A-B και C-E. Παρατηρούμε, ότι οι απεικονιζόμενες στο χάρτη OMEGA υπερβολικές γραμμές θέσεως, λόγω του μεγάλου μήκους των γραμμών βάσεως, εμφανίζονται σαν ευθείες.

Οι υπερβολικές γραμμές θέσεως OMEGA, που απεικονίζονται στους ναυτικούς χάρτες, έχουν υπολογισθεί για διάδοση των σημάτων OMEGA με ουράνια κύματα. Στις περιπτώσεις που το στίγμα OMEGA προκύπτει και από λήψη κυμάτων εδάφους δημιουργούνται τεράστια σφάλματα που είναι δυνατό να φθάσουν μέχρι και 35 ν.μ. Για το λόγο αυτό στις περιοχές που είναι πιθανή η λήψη κυμάτων εδάφους, οι υπερβολικές γραμμές θέσεως OMEGA απεικονίζονται με διακεκοπτόμενες γραμμές για να προειδοποιούν το ναυτιλλόμενο για τον παραπάνω κίνδυνο.

Η χάραξη ενδιαμέσων γραμμών θέσεως OMEGA (από αυτές που απεικονίζονται στους χάρτες) γίνεται όπως και στο σύστημα LORAN (§ 4.6).



Σχ. 5.6α.

Αρίθμηση υπερβολικών γραμμών θέσεως OMEGA.

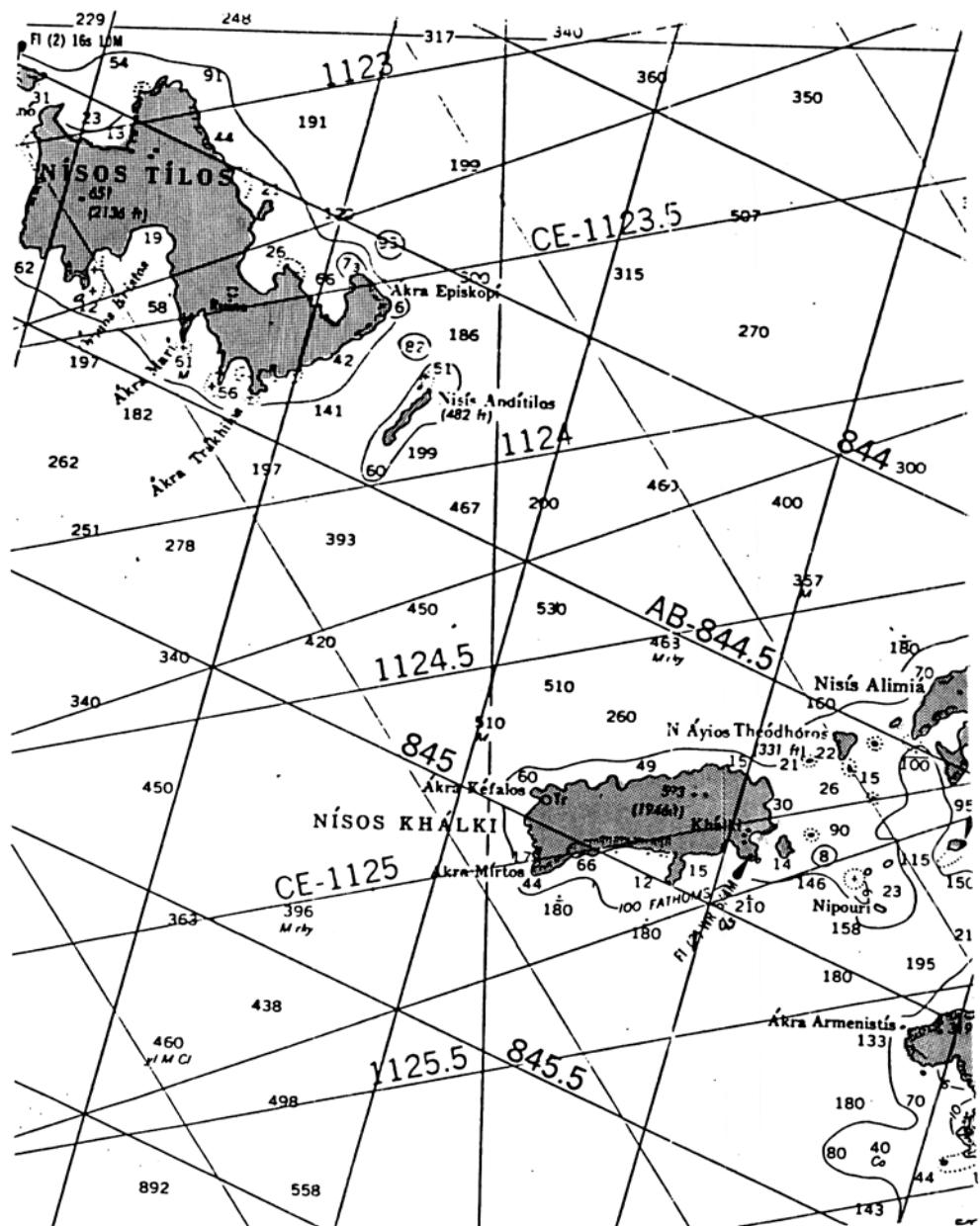
### 5.7 Αναγνώριση διαύλου OMEGA.

Όπως αναφέρθηκε και στην § 5.5, το εύρος διαύλου OMEGA επάνω στη γραμμή θάσεως που αντιστοιχεί στη βασική συχνότητα των 10,2 kHz είναι 8 περίπου ν.μ. Για την αρχική επομένως λειτουργία του συστήματος OMEGA πρέπει να γνωρίζομε το στίγμα αναμετρήσεως με ακρίβεια τεσσάρων τουλάχιστον ναυτικών μιλίων, ώστε να προσδιορισθεί ο ακέραιος αριθμός των διαύλων.

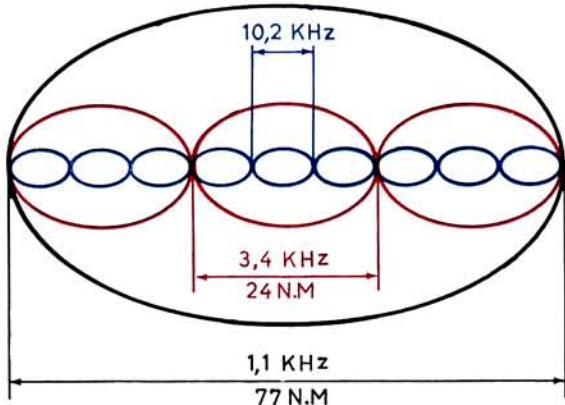
Εν τούτοις, οι περισσότεροι δέκτες OMEGA έχουν τη δυνατότητα να λαμβάνουν εκτός από το βασικό σήμα των 10,2 kHz και τα σήματα των 13,6, 11,33 και 11,05 kHz και να συγκρίνουν τη διαφορά των συχνοτήτων 13,6 και 10,2 kHz που είναι 3,4 kHz και δίνει εύρος διαύλου 24 περίπου ν.μ. οπότε η απαιτούμενη ακρίβεια του στίγματος για την αρχική λειτουργία του συστήματος (προσδιορισμός ακέραιου αριθμού διαύλων) αρκεί να είναι 12 ν.μ. (σχ. 5.7).

Αν συγκριθεί η διαφορά των συχνοτήτων 11,33 και 10,2 kHz, που είναι 1,13 kHz και δίνει εύρος διαύλου 72 περίπου ν.μ για την αρχική λειτουργία του συστήματος απαιτείται ακρίβεια στίγματος 36 ν.μ..

Αν συγκριθεί η διαφορά των συχνοτήτων 11,33 και 11,05 kHz που είναι 0,28 kHz και δίνει εύρος διαύλου 288 περίπου ν.μ., η απαιτούμενη ακρίβεια στίγματος για την αρχική λειτουργία του συστήματος είναι μόνο 144 περίπου ν.μ.



### Σχ. 5.66.



**Σχ. 5.7.**  
Αναγνώριση διαύλου OMEGA.

### 5.8 Σφάλματα που οφείλονται στη διάδοση των σημάτων OMEGA.

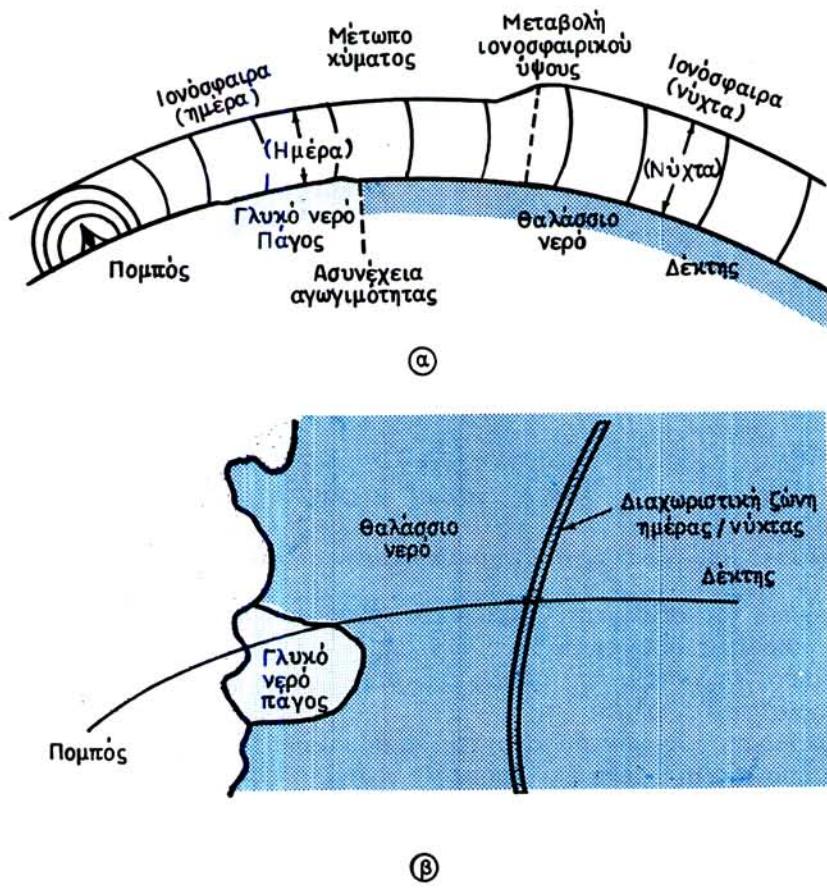
Η ακρίβεια του στίγματος OMEGA εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως: επιδράσεις από τη διάδοση των σημάτων των σταθμών OMEGA στην ατμόσφαιρα, γεωμετρία του στίγματος, κατάσταση των σταθμών εκπομπής, χαρακτηριστικά του δέκτη κλπ.

Από όλους αυτούς τους παράγοντες, τα σημαντικότερα σφάλματα δημιουργούνται από τα φαινόμενα που επηρεάζουν τη διάδοση των σημάτων OMEGA στην ατμόσφαιρα. Τα σφάλματα αυτά, που ορισμένες φορές ξεπερνούν και τα 8 ν.μ., οφείλονται στις αποκλίσεις που παρατηρούνται μεταξύ της πραγματικής φάσεως του σήματος ενός σταθμού που μετράται σε ένα σημείο της γης και της φάσεως που υπολογίσθηκε για το σημείο αυτό και απεικονίζεται στους χάρτες OMEGA με βάση ορισμένες μέσες συνθήκες διαδόσεως.

Η κατανόηση των σημαντικοτέρων αιτίων των σφαλμάτων που οφείλονται στη διάδοση των σημάτων OMEGA, επιτρέπει την πληρέστερη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του δέκτη μας και τον περιορισμό των κυριοτέρων από τα σφάλματα αυτά, ώστε να επιτυγχάνεται ακρίβεια στίγματος της τάξεως των 2 ν.μ. ή καλύτερη.

#### 5.8.1 Γενικά χαρακτηριστικά της διαδόσεως των σημάτων OMEGA.

Τα σήματα των οκτώ σταθμών του συστήματος OMEGA διαδίδονται μέσα στο τμήμα της ατμόσφαιρας που περιέχεται μεταξύ της επιφάνειας της γης και του κατώτερου στρώματος της ιονόσφαιρας. Το τμήμα αυτό της ατμόσφαιρας μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας κυματοδηγός (σχ. 5.9), του οποίου το ύψος δεν είναι σταθερό, αλλά μεταβάλλεται ανάλογα με το ύψος της ιονόσφαιρας από 72 km την ημέρα σε 90 km τη νύχτα. Επίσης το ύψος της ιονόσφαιρας στις πολικές περιοχές είναι μεγαλύτερο, από ότι στις περιοχές μικρού πλάτους. Τέλος, κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού το ύψος της ιονόσφαιρας είναι μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του χειμώνα.



Σχ. 5.8α.

Διάδοση σημάτων OMEGA στην ατμόσφαιρα.  
α) Πλάγια όψη κυματοδηγού. β) Κάτοψη κυματοδηγού.

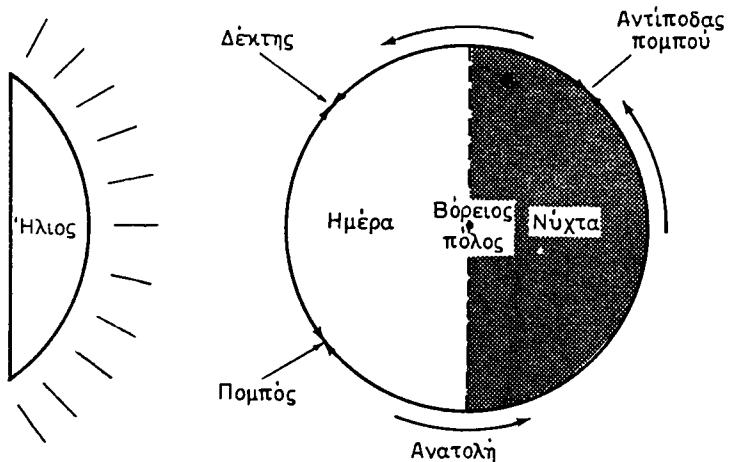
Κατά τη διάδοσή τους τα σήματα OMEGA ακολουθούν διαδρομές ορθοδρομικών τόξων της γήινης επιφάνειας και διέρχονται επάνω από διάφορες περιοχές της γης που έχουν διαφορετική αγωγιμότητα (π.χ. ξηρά, θάλασσα, παγωμένες περιοχές όπως η Γροιλανδία κλπ.), με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η ταχύτητα διαδόσεώς τους.

Η διάδοση των σημάτων OMEGA επηρεάζεται και από το μαγνητικό πεδίο της γης, με αποτέλεσμα, όσα σήματα διαδίδονται προς τα δυτικά να υφίστανται μεγαλύτερη εξασθένιση, από αυτά που διαδίδονται προς τα ανατολικά. Αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου είναι, ότι τα σήματα που διαδίδονται προς τα ανατολικά έχουν πολύ μεγαλύτερη εμβέλεια από τα σήματα του ίδιου σταθμού που διαδίδονται προς τα δυτικά.

Λόγω της παραπάνω επιδράσεως του μαγνητικού πεδίου της γης είναι δυνατό, σε ορισμένα σημεία, να λαμβάνονται δυο σήματα της ίδιας εντάσεως που προέρχονται από τον ίδιο σταθμό, αλλά διαδίδονται σε αντίθετες διευθύνσεις

επάνω στο ίδιο ορθοδρομικό τόξο της γήινης σφαίρας (σχ. 5.86). Στην περίπτωση αυτή, το ένα σήμα ακολουθεί τη διαδρομή του μεγαλύτερου ορθοδρομικού τόξου ( $180^{\circ}$ ) και το άλλο του μικρότερου ( $180^{\circ}$ ) και το ολικό σήμα που λαμβάνεται στο σημείο αυτό έχει μεν μεγάλη ένταση, πλην όμως, δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση φάσεως.

Άλλη περίπτωση, κατά την οποία δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα λαμβανόμενα σήματα OMEGA, αποτελούν τα σήματα που λαμβάνονται στο αντιδιαμετρικό σημείο (αντίποδα) του σταθμού εκπομπής, γιατί στην περίπτωση αυτή λαμβάνονται σήματα από άπειρες διευθύνσεις (τόξα μέγιστου κύκλου που περιέχουν τα δυο αντιδιαμετρικά σημεία - σταθμός και αντίποδάς του) και δεν είναι δυνατή η μέτρηση της φάσεως.



**Σχ. 5.86.**  
Διάδοση σημάτων OMEGA μεγάλων διαδρομών.

Για τις επιδράσεις του ύψους της ιονόσφαιρας, της αγωγιμότητας της γήινης επιφάνειας και του προσανατολισμού του γήινου μαγνητικού πεδίου προδιορίζονται και χρησιμοποιούνται αντίστοιχες διορθώσεις (§ 5.8.5), ενώ για άλλες επιδράσεις, όπως η παρεμβολή τύπων διαδόσεως (§ 5.8.2), οι αιφνίδιες ιονοσφαιρικές διαταραχές (§ 5.8.3) και οι διαταραχές πολικών περιοχών (§ 5.8.4) δεν είναι δυνατό να προσδιοριστούν διορθώσεις. Εν τούτοις, επειδή οι επιδράσεις αυτές, για τις οποίες δεν είναι δυνατό να προβλεφθούν διορθώσεις, δημιουργούν πολύ μεγάλα σφάλματα, η κατανόησή τους έχει ιδιαίτερη σημασία προκειμένου να καταστεί δυνατή έμμεση αντιμετώπισή τους με την αποφυγή χρησιμοποιήσεως σημάτων που επηρεάζονται από αυτές.

### 5.8.2 Τύποι διαδόσεως σημάτων OMEGA.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η διάδοση των σημάτων OMEGA γίνεται στο τμήμα της ατμόσφαιρας που περιέχεται μεταξύ της επιφάνειας της γης και του κατώτερου στρώματος της ιονόσφαιρας το οποίο συμπεριφέρεται σαν κυματοδηγός.

Η διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σ' ένα κυματοδηγό μπορεί να γίνει με διάφορους τύπους ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κυματοδηγού. Οι διαφορετικοί αυτοί τύποι διαδόσεως χαρακτηρίζονται ως:

**α) Εγκάρσιοι μαγνητικοί - Transverse Magnetic** στους οποίους το μαγνητικό πεδίο είναι κάθετο στη διεύθυνση διαδόσεως.

**β) Εγκάρσιοι ηλεκτρικοί – Transverse Electric** στους οποίους το ηλεκτρικό πεδίο είναι κάθετο στη διεύθυνση διαδόσεως.

Οι εγκάρσιοι μαγνητικοί τύποι διαδόσεως **Transmission Modes (T.M.)** χαρακτηρίζονται με μονούς αριθμούς TM<sub>1</sub>, TM<sub>3</sub>, TM<sub>5</sub>..., ενώ οι εγκάρσιοι ηλεκτρικοί χαρακτηρίζονται με ζυγούς αριθμούς TM<sub>2</sub>, TM<sub>4</sub>, TM<sub>6</sub>... Οι τύποι διαδόσεως που χαρακτηρίζονται με μικρότερους αριθμούς έχουν μεγαλύτερη ταχύτητα φάσεως.

Στην περίπτωση της διαδόσεως των σημάτων OMEGA εξετάζονται μόνο οι τύποι διαδόσεως TM<sub>1</sub> και TM<sub>2</sub>, γιατί οι άλλοι τύποι έχουν πολύ μικρή ένταση και δεν λαμβάνονται υπ' όψη.

Από τους δυο αυτούς τύπους διαδόσεως ο TM<sub>2</sub> είναι περισσότερο έντονος στις περιοχές κοντά στο σταθμό εκπομπής, ενώ στις μακρινές περιοχές ο TM<sub>2</sub> μπορεί να αγνοηθεί, γιατί επικρατεί ο TM<sub>1</sub>. Οι εντάσεις των σημάτων TM<sub>1</sub> και TM<sub>2</sub> για τη συχνότητα των 10,2 kHz γίνονται ίσες σε αποστάσεις περίπου 100 km από τους σταθμούς κατά την ημέρα και 400 km κατά τη νύχτα, ενώ για τη συχνότητα των σημάτων 13,6 kHz οι εντάσεις των σημάτων TM<sub>1</sub> και TM<sub>2</sub> γίνονται ίσες σε αποστάσεις από τους σταθμούς 200 km την ημέρα και 1800 km τη νύχτα.

Στις αποστάσεις από τους σταθμούς που δημιουργείται αμοιβαία παρεμβολή των σημάτων TM<sub>2</sub> και TM<sub>1</sub> δεν είναι δυνατό να γίνουν ακριβείς μετρήσεις φάσεως και γι' αυτό οι υπερβολικές γραμμές θέσεως στους αντίστοιχους χάρτες OMEGA παρουσιάζονται με διακοπτόμενες γραμμές.

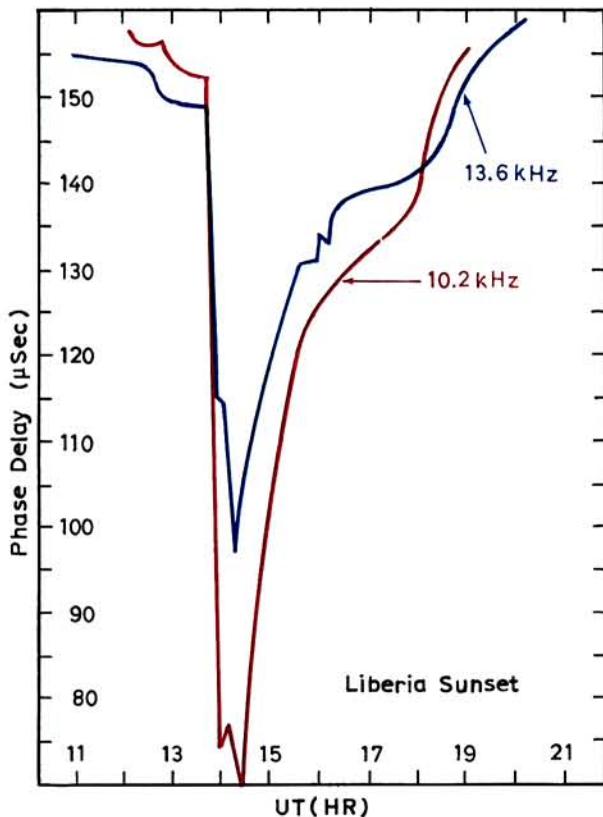
### 5.8.3 Αιφνίδιες ιονοσφαιρικές διαταραχές.

Οι αιφνίδιες ιονοσφαιρικές διαταραχές (Sudden Ionospheric Disturbances - SDI) δημιουργούνται από την αυξημένη εκπομπή ακτίνων X από τον ήλιο που παρατηρείται κυρίως κατά τις ηλιακές εκρήξεις.

Η εμφάνιση των αιφνίδιων ιονοσφαιρικών διαταραχών συσχετίζεται με τον ενδεκαετή κύκλο των ηλιακών κτηλίδων και τη ζενιθιακή γωνία του ήλιου. Επομένως εμφανίζονται κυρίως σε χαμηλά γεωγραφικά πλάτη και κατά τη διάρκεια ενός έτους με μέγιστη εμφάνιση ηλιακών κυλίδων οι αιφνίδιες ιονοσφαιρικές διαταραχές είναι δυνατό να παρατηρούνται καθημερινά.

Κατά τη διάρκεια μιας αιφνίδιας ιονοσφαιρικής διαταραχής, παρατηρείται απότομη αλλαγή της μετρούμενης φάσεως, που διαρκεί για 5-10 sec και στη συνέχεια αποκαθίσταται σε χρονικό διάστημα 30-40 sec. (σχ. 5.8γ)

Το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται μόνο στο φωτιζόμενο από τον ήλιο ημισφαίριο και δημιουργεί αποκλίσεις φάσεως που φθάνουν μέχρι και τους εκατό εκατοστοδιαύλους. Εντούτοις, επειδή συνήθως επηρεάζονται οι εκπομπές και των δυο σταθμών OMEGA, το τελικό σφάλμα θέσεως είναι αρκετά μικρό και σπάνια ξεπερνά τα 2 v.μ.



Σχ. 5.8γ.

Μεταβολή της φάσεως σήματος OMEGA κατά τη διάρκεια μιας αιφνίδιας ιονοσφαιρικής διαταραχής.

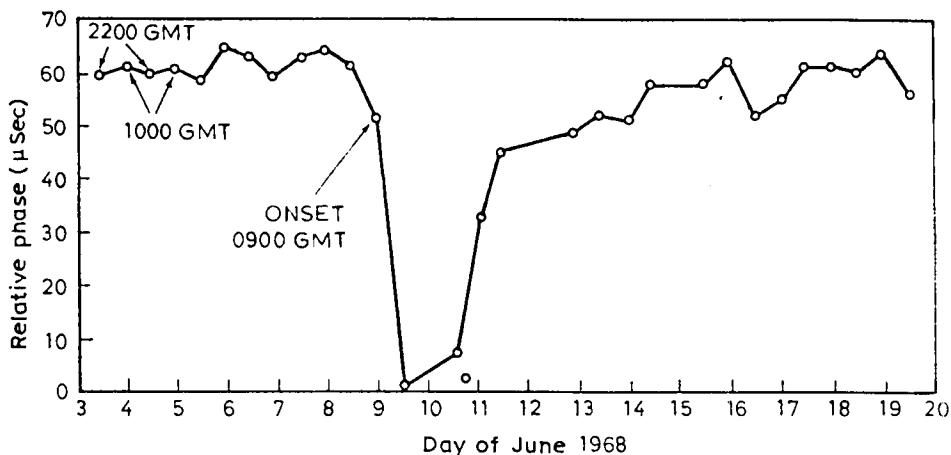
#### 5.8.4 Διαταραχές πολικών περιοχών.

Οι διαταραχές των πολικών περιοχών (Polar Cap Disturbances) δημιουργούνται από την επίδραση του μαγνητικού πεδίου της γης στα εκπεμπόμενα από τον ήλιο κατά τις ηλιακές εκρήξεις πρωτόνια. Αποτέλεσμα της επιδράσεως αυτής είναι η ελάττωση του ύψους του ιονοσφαιρικού στρώματος D στις πολικές περιοχές. Επειδή το φαινόμενο αυτό συνοδεύεται και με απορρόφηση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, που διαδίδονται από τις πολικές περιοχές, είναι γνωστό και με το όνομα πολικές απορροφήσεις (Polar Cap Absorptions - PCA).

Οι διαταραχές των πολικών περιοχών εμφανίζονται σπανιότερα από τις αιφνίδιες ιονοσφαιρικές διαταραχές, αλλά έχουν πολύ μεγαλύτερη διάρκεια. Κατά τη διάρκεια ενός έτους με μέγιστη εμφάνιση ηλιακών κηλίδων παρατηρούνται 10 περίπου διαταραχές πολικών περιοχών. Η απόκλιση της φάσεως κατά τις διαταραχές των πολικών περιοχών φθάνει από 10 ως 50 και πλέον εκατοστο-

διαύλους και δημιουργείται σε χρονικό διάστημα μερικών ωρών, ενώ αποκαθίσται μετά από μερικές ημέρες (σχ. 5.8δ).

Προκειμένου να καταστεί δυνατή η αποφυγή των επιπτώσεων των διαταραχών των πολικών περιοχών, οι οποίες είναι δυνατό να δημιουργήσουν σφάλματα μέχρι και 8 ν.μ. η εμφάνισή τους γνωστοποιείται στους ναυτιλλόμενους με την εκπομπή ειδικών προαγγελιών για τους ναυτιλλόμενους (Hydrolant/Hydro-pac Navigational Warnings). Με τον τρόπο αυτό, ο ναυτιλλόμενος για τον προδιορισμό του στύγματός του, ανάλογα με τη θέση του, επιλέγει σήματα άλλων σταθμών με μη πολικές διαδρομές.



Σχ. 5.8δ.

Μεταβολή της φάσεως σήματος OMEGA κατά τη διάρκεια διαταραχών πολικών περιοχών.

#### 5.8.5 Διορθώσεις διαδόσεως σημάτων OMEGA.

Όπως είδαμε στην § 5.8.1 για τα πιο συνηθισμένα σφάλματα, λόγω διαδόσεως των σημάτων OMEGA, είναι δυνατό να προσδιορισθούν διορθώσεις με βάση την ανάλυση μεγάλου αριθμού παρατηρήσεων. Οι διορθώσεις περιλαμβάνουν τις αποκλίσεις που οφείλονται στη μεταβολή του ύψους της ιονόσφαιρας, στον προσανατολισμό του γήινου μαγνητικού πεδίου και στην αγωγιμότητα της γήινης επιφάνειας.

Οι διορθώσεις αυτές περιέχονται στους πίνακες «OMEGA Propagation Correction Tables» (σχ. 5.8ε) που εκδόθηκαν από τη χαρτογραφική υπηρεσία άμυνας των ΗΠΑ DMA (Defense Mapping Agency). Οι πίνακες αυτοί προορίζονται για διόρθωση των μετρήσεων που γίνονται με ορισμένους παλαιού τύπου δέκτες OMEGA, ενώ με τους νεότερους δέκτες δεν απαιτείται χρησιμοποίηση των πινάκων αυτών, γιατί τα στοιχεία τους είναι καταχωρισμένα στη μόνιμη μνήμη του ενσωματωμένου στο δέκτη μικροεπεξεργαστή και οι διορθώσεις γίνονται αυτόμata από το δέκτη.

Pub. 224 (109-C) D

# OMEGA PROPAGATION CORRECTION TABLES

FOR 10.2 kHz

—  
AREA 09

NORTHWEST PACIFIC

STATION D (NORTH DAKOTA)



Prepared and published by the  
DEFENSE MAPPING AGENCY HYDROGRAPHIC CENTER  
Washington, D. C. 20370  
Reprinted 1976

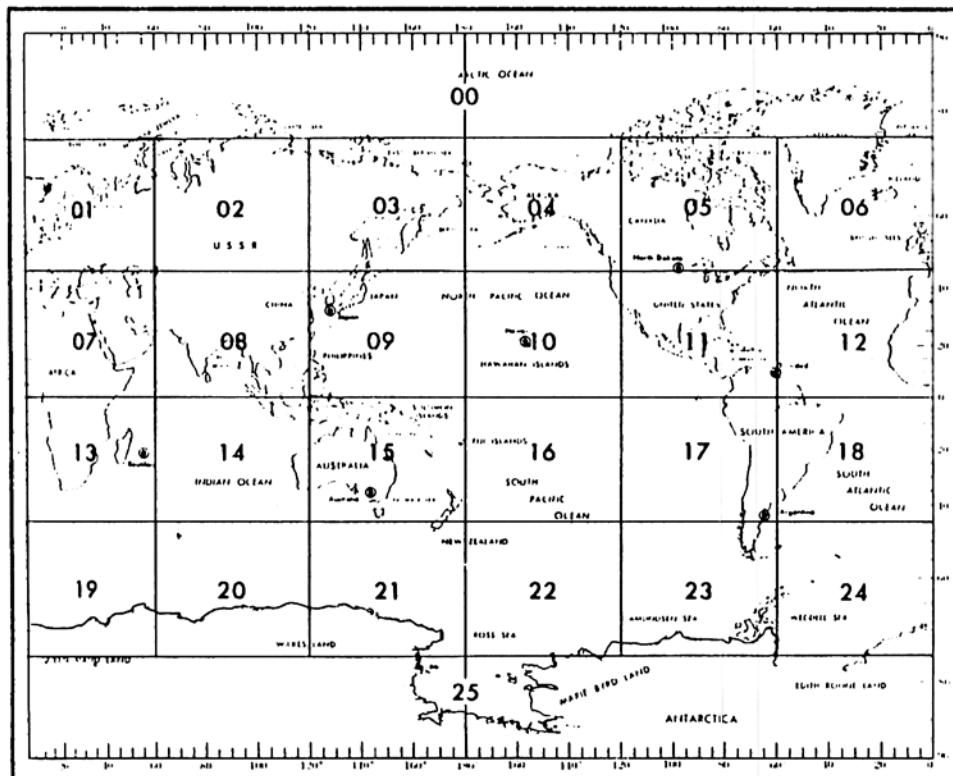
For sale by authorized Sales Agents of the Defense Mapping Agency Hydrographic Center  
DMA STOCK NO. DMAHUR224109CD

**Σχ. 5.8ε.**

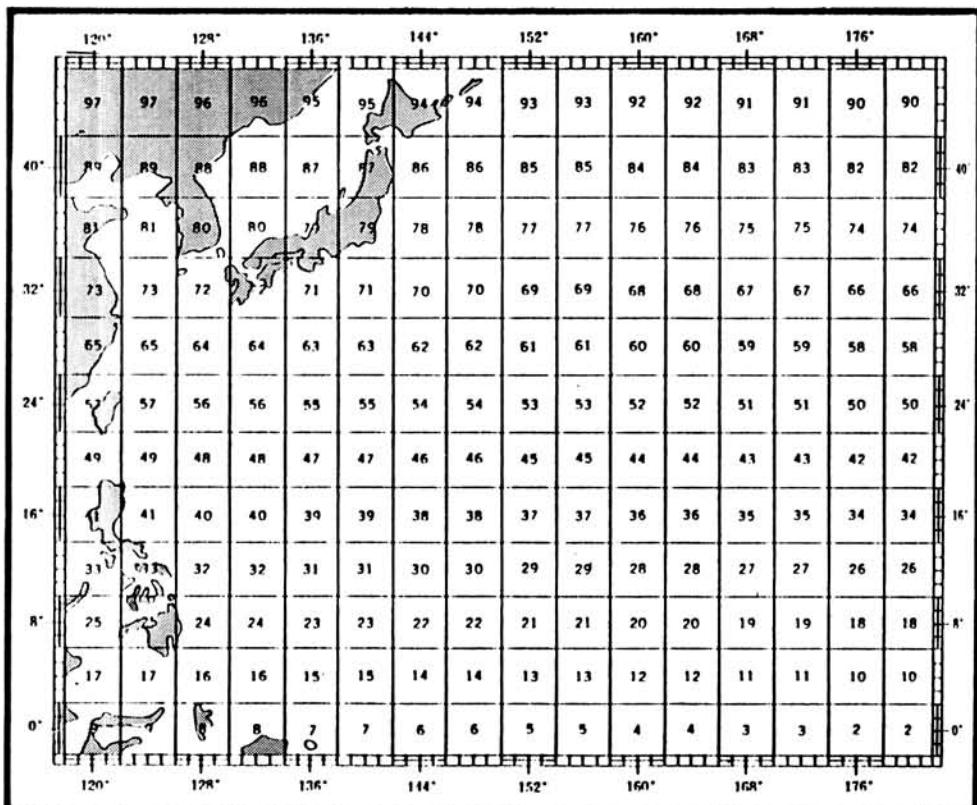
Πίνακες διορθώσεως για τη διάδοση των σημάτων OMEGA.

Οι πίνακες διορθώσεων για τη διάδοση των σημάτων OMEGA για τα σήματα κάθε ενός από τους οκτώ σταθμούς OMEGA έχουν εκδοθεί σε διάφορους τόμους (σχ. 5.8ε), κάθε ένας από τους οποίους καλύπτει μια από τις 26 περιοχές του σχήματος 5.8στ. Μετά το εξώφυλλο κάθε τόμου υπάρχει χάρτης της αντίστοιχης περιοχής καλύψεως (σχ. 5.8ζ) στον οποίο φαίνεται για διάφορες υποπεριοχές, που συνήθως είναι τετράγωνα 40 πλάτος × 40 μήκος, η σελίδα του τόμου στην οποία περιέχονται οι αντίστοιχες διορθώσεις (πίνακες 5.8.1 και 5.8.2).

Οι διορθώσεις των πινάκων αυτών έχουν υπολογισθεί για περιοχές που καλύπτουν 4° για πλάτη 0 έως 45°, 6° για πλάτη 45° ως 60° και 8° για πλάτη μεταξύ 60° και 80°. Επιπλέον για τις πολικές περιοχές με πλάτη μεταξύ 70° και 90° οι διορθώσεις έχουν υπολογισθεί για περιοχές που καλύπτουν 4° πλάτος και 20° μήκος. Παράδειγμα χρησιμοποίησεως των πινάκων αυτών παρουσιάζεται στην § 5.11.4.



**Σχ. 5.8στ.**  
Περιοχές καλύψεως πινάκων διορθώσεων σημάτων OMEGA.



Σχ. 5.8ζ.  
Διαγραμματικό ευρετήριο διορθώσεων σημάτων OMEGA.

### 5.9 Ακρίβεια του συστήματος OMEGA.

Η ακρίβεια του στίγματος OMEGA εξαρτάται από την ακρίβεια με την οποία υπολογίζονται τα σφάλματα που οφείλονται στη διάδοση των σημάτων OMEGA. Με την πάροδο του χρόνου, όσο συγκεντρώνονται και αναλύονται περισσότερα στοιχεία για τα σφάλματα αυτά και αναθεωρούνται οι πίνακες διορθώσεων για τη διάδοση των σημάτων (OMEGA Propagation Correction Tables), τόσο καλύτερη ακρίβεια θα επιτυγχάνεται.

Χαρακτηριστικές τιμές της ακρίβειας του στίγματος OMEGA κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι:

$1_{\text{drms}}$  (κύκλος αθεταιότητας 68%) 2 ν.μ. και,

$2_{\text{drms}}$  (κύκλος αθεταιότητας 95%) 4 ν.μ.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8.1****Διορθώσεις φάσεως για τα σήματα 10,2 kHz σταθμού N. DACOTA**

(Αποσπάσματα από τους πίνακες OMEGA Propagation Correction Tables εκδόσεως DMA/HTC)

DATE	GNT															LOCATION		20.0 N	160.0 E																			
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	STATION	N	W	DACOTA									
1-19 JAN	-19	-26	-33	-40	-48	-51	-57	-67	-79	-91	-103	-103	-103	-103	-103	-99	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-12	-19						
16-31 JAN	-19	-23	-33	-42	-51	-59	-63	-69	-79	-93	-100	-100	-103	-103	-103	-103	-100	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-7	-12				
1-19 FEB	-8	-19	-28	-36	-44	-51	-57	-67	-78	-93	-99	-100	-103	-103	-103	-103	-100	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-3	-8			
1-15 MAR	1	-7	-18	-28	-36	-41	-51	-57	-68	-89	-99	-100	-103	-103	-103	-103	-100	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-1	-2				
16-31 MAR	8	-8	-18	-28	-36	-40	-48	-57	-68	-88	-99	-101	-103	-103	-103	-103	-99	-97	-97	-97	-97	-97	-97	-97	-97	-97	-97	-97	-97	-97	-97	-97	-97	-1	-1			
1-19 APR	7	2	-6	-19	-31	-45	-53	-63	-73	-97	-101	-100	-103	-103	-103	-103	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-99	-9	-7			
16-30 APR	8	4	-6	-19	-31	-45	-53	-63	-73	-97	-100	-102	-103	-103	-103	-103	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-98	-9	-7			
1-19 MAY	9	7	8	-11	-33	-37	-50	-66	-77	-96	-99	-102	-99	-98	-98	-98	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-63	-10	-9			
16-31 MAY	10	6	8	2	-6	-20	-33	-50	-67	-88	-98	-99	-101	-93	-91	-91	-90	-90	-90	-90	-90	-90	-90	-90	-90	-90	-90	-90	-90	-90	-90	-11	-10					
1-19 JUN	11	9	5	-8	-17	-30	-46	-63	-89	-98	-100	-99	-98	-97	-97	-97	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-11	-11			
16-30 JUN	11	9	6	-8	-16	-29	-43	-64	-88	-97	-100	-99	-98	-97	-97	-97	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-96	-11	-11			
1-15 JUL	11	9	6	-8	-16	-29	-43	-64	-88	-97	-100	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-91	-11	-11			
16-31 JUL	10	9	5	-8	-10	-31	-46	-68	-91	-99	-101	-96	-93	-78	-78	-78	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-71	-11	-11			
1-19 AUG	10	7	1	-10	-22	-39	-51	-70	-78	-99	-102	-101	-97	-70	-66	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-65	-10	-9			
16-31 AUG	8	5	-3	-15	-37	-49	-57	-79	-95	-102	-103	-93	-89	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-69	-6	-8			
1-15 SEP	6	1	-9	-20	-31	-47	-63	-86	-97	-101	-102	-103	-99	-84	-70	-63	-51	-36	-15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	7	
16-30 SEP	3	-9	-15	-27	-39	-54	-73	-91	-99	-102	-103	-103	-103	-99	-77	-65	-55	-39	-19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1-15 OCT	-2	-11	-22	-33	-46	-61	-80	-95	-100	-102	-103	-103	-103	-99	-62	-51	-39	-24	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	
16-31 OCT	-7	-18	-28	-39	-52	-67	-85	-97	-101	-102	-103	-103	-103	-103	-97	-76	-63	-49	-28	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
1-15 NOV	11	-29	-36	-44	-57	-72	-89	-99	-101	-103	-103	-103	-103	-103	-92	-79	-65	-49	-36	-7	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
16-30 NOV	-19	-27	-36	-49	-60	-75	-90	-99	-102	-103	-103	-103	-103	-103	-96	-85	-73	-61	-43	-11	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7	-7
1-15 DEC	-21	-29	-38	-49	-61	-73	-91	-99	-102	-103	-103	-103	-103	-103	-98	-87	-77	-66	-48	-10	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8	-8
16-31 DEC	-20	-28	-38	-49	-60	-74	-90	-99	-102	-103	-103	-103	-103	-103	-98	-88	-79	-68	-52	-26	-8	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.8.2****Διορθώσεις φάσεως για τα σήματα 10,2 kHz σταθμού H JAPAN**

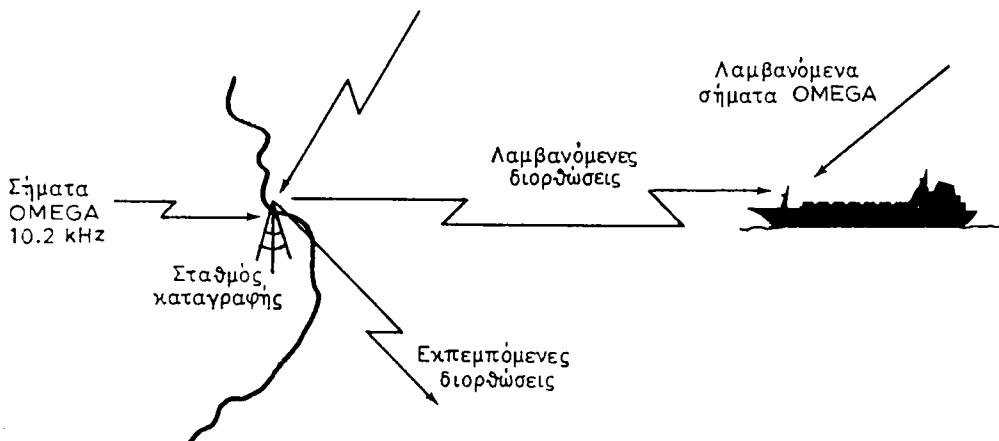
(Αποσπάσματα από τους πίνακες OMEGA Propagation Correction Tables εκδόσεως DMA/HTC))

DATE	GNT															LOCATION		20.0 N	160.0 E														
	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	STATION	N	E	JAPAN				
1-15 JAN	-9	-8	-7	-7	-8	-9	-11	-21	-36	-43	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-9	-9
16-31 JAN	-9	-8	-7	-7	-8	-10	-18	-33	-43	-46	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-8	-8
1-14 FEB	-9	-7	-6	-6	-7	-8	-9	-15	-30	-51	-63	-67	-67	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-68	-10	-9
1-15 MAR	-8	-6	-5	-5	-6	-7	-9	-19	-27	-39	-47	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-9	-9
1-15 MAR	-7	-6	-5	-5	-6	-7	-8	-12	-25	-38	-49	-49	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-9	-9
16-31 MAR	-7	-5	-4	-4	-5	-6	-7	-8	-11	-23	-36	-46	-46	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-9	-9
1-15 APR	-6	-5	-4	-4	-5	-6	-7	-8	-11	-21	-39	-46	-46	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-7	-7
16-30 APR	-5	-4	-4	-4	-5	-6	-7	-10	-19	-33	-42	-45	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-6	-6
1-15 MAY	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-6	-7	-10	-16	-31	-41	-45	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-5	-5
16-31 MAY	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-6	-7	-9	-17	-29	-39	-45	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-5	-5
1-15 JUN	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-6	-7	-9	-15	-27	-36	-49	-49	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-5	-5
16-30 JUN	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-6	-7	-9	-15	-26	-37	-48	-48	-46	-46	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-5	-5
1-15 JUL	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-6	-7	-9	-14	-26	-38	-49	-49	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-5	-5
16-31 JUL	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-6	-7	-9	-15	-27	-38	-49	-49	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-5	-5
1-15 AUG	-5	-4	-3	-3	-4	-5	-6	-7	-9	-16	-29	-40	-45	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-5	-5
16-31 AUG	-4	-3	-4	-4	-5	-6	-7	-8	-10	-19	-32	-41	-45	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-4	-4
1-15 SEP	-4	-3	-4	-4	-5	-6	-7	-8	-11	-22	-36	-43	-46	-47	-47	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-48	-3	-3
16-30 SEP	-4	-3	-4	-4	-5	-6	-7	-8	-13	-26	-39	-49	-																				

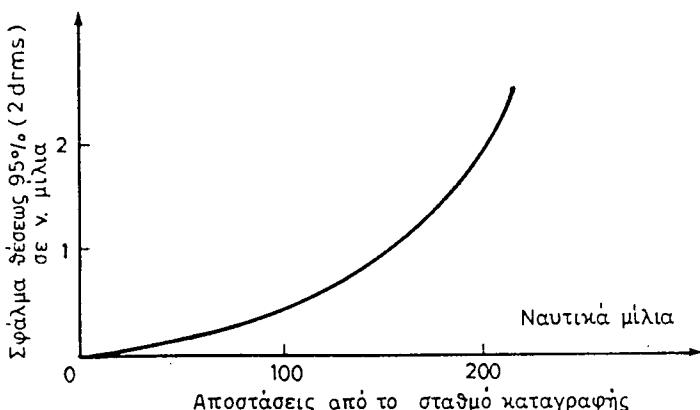
### 5.10 Διαφορικό OMEGA.

Προκειμένου να ξεπερασθεί το μειονέκτημα της μικρής ακρίβειας του στύγματος OMEGA, που οφείλεται στην αδυναμία προθλέψεως όλων των σφαλμάτων διαδόσεως των σημάτων, έχει δημιουργηθεί το διαφορικό OMEGA (Differential Omega) που παρέχει έναν τρόπο άμεσης διορθώσεως των σφαλμάτων.

Στο διαφορικό OMEGA τα διάφορα σφάλματα στη μέτρηση της φάσεως προσδιορίζονται με ακρίβεια και σε άμεσο χρόνο με τη λήψη των αντιστοίχων σημάτων σε δέκτες που βρίσκονται σε γνωστές θέσεις και σύγκριση τη φάσεως που μετράται στο δέκτη με την τιμή που έπρεπε να είχε κανόνικα. Στην συνέχεια οι διορθώσεις που προκύπτουν με τον τρόπο αυτό εκπέμπονται προς τα πλοία για άμεση χρησιμοποίηση (σχ. 5.10a).



Σχ. 5.10a.  
Διαφορικό OMEGA.



Σχ. 5.10b.  
Διάγραμμα ακρίβειας διαφορικού OMEGA.

Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται 15 ραδιοφάροι, που λαμβάνουν τα σήματα από τους σταθμούς OMEGA και αφού συγκρίνουν τη φάση που μετρούν με τη θεωρητική τιμή που αναμένεται (για το στίγμα του ραδιοφάρου), εκπέμπουν τις απαραίτητες διορθώσεις και με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ακρίβεια της τάξεως του 0,25 ν.μ. για αποστάσεις μέχρι 50 ν.μ. από το ραδιοφάρο και 1-1,5 μίλι για αποστάσεις μέχρι 300 ν.μ. από το ραδιοφάρο (σχ. 5.10B).

Οι ραδιοφάροι του πίνακα 5.10.1 εκπέμπουν διορθώσεις διαφορικού OMEGA για τους σταθμούς OMEGA, που χρησιμοποιούνται στην περιοχή λήψεως της εκπομπής του ραδιοφάρου.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 5.10.1**  
**Διαφορικοί σταθμοί OMEGA**

Ραδιοφάροι	Πλάτος	Μήκος	Διορθώσεις σταθμών
Cap d' Alprech	50°42'N	1°34'W	ABDE*FH
Point de Creach	48°28'N	5°08'W	ABDE*FH*
Ile d' Yeu	46°43'N	2°23'W	ABDE*FH*
Cabo Finisterre	42°53'N	9°16'W	ABDE*FH*
Lagos, Portugal	37°10'N	8°37'W	ABCD*FH*
Cabo de Palos	37°38'N	0°41'W	ABDE*FH*
Porquerolles	42°59'N	6°12'W	ABDE*FH*
Horta Acozes	38°31'N	28°41'W	AB*CDF
Porto Santo Madeira	33°04'N	16°22'W	ABCDFH
Cap Bon, Tunisia	37°04'N	11°03'W	ABDE*FH*
La Isleta, Gran Canaria	28°10'N	15°25'W	ABC*DFH*
Port Bouët, Ivory Coast	5°15'N	3°58'W	AB*CDE*F
Tête de Galantry	46°46'N	56°09'W	AB*CDF
Pointe-à-Pitre Guadeloupa	15°16'N	65°32'W	AB <sup>(1)</sup> CDFGH
Punta Tura, Porto Rico	17°59'N	65°53'W	AB*CDFGH*

## 5.11 Γενικά χαρακτηριστικά και τρόπος χρήσεως δεκτών OMEGA.

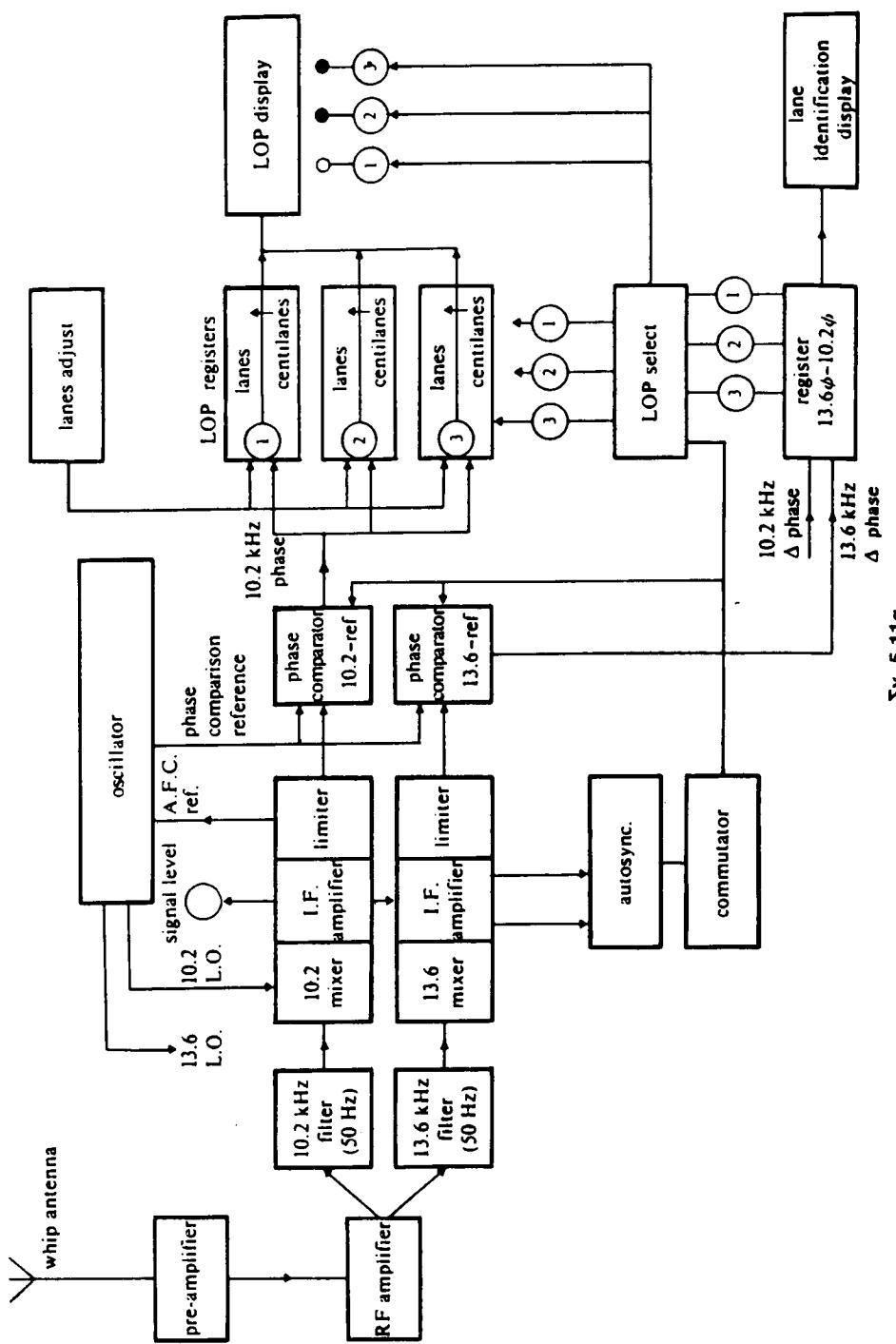
Σχετικά με τις αρχές λειτουργίας των δεκτών OMEGA έχει ήδη αναπτυχθεί ο τρόπος μετρήσεως της διαφοράς φάσεως στο δέκτη (§ 5.3), ο συγχρονισμός του δέκτη (§ 5.4) καθώς και ο τρόπος αναγνωρίσεως διαύλου στο δέκτη (§ 5.7). Στο σχήμα 5.11a φαίνεται σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας ενός τυπικού σύγχρονου δέκτη OMEGA.

### 5.11.1 Κατηγορίες δεκτών OMEGA.

Οι δέκτες OMEGA μπορούν να ταξινομηθούν στις επόμενες δυο κατηγορίες:

α) Παλιοί δέκτες που κατασκευάστηκαν κατά τη δεκαετεία του 1960 μέχρι και τις αρχές της δεκαετίας του 1970.

β) Νεότεροι δέκτες που κατασκευάσθηκαν μετά το 1975 περίου.



Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας δέκτη OMEGA.  
Σχ. 5.11a.

### **a) Παλαιοί δέκτες OMEGA.**

Οι παλαιοί δέκτες έχουν πολλά μειονεκτήματα, τα κυριότερα από τα οποία είναι τα εξής:

- 1) Είναι ογκώδεις και απαιτούν πολύπλοκες διαδικασίες χειρισμού.
- 2) Οι μετρήσεις τους πρέπει να διορθωθούν με χρησιμοποίηση πινάκων.
- 3) Δεν παρέχουν στοιχεία πλάτους και μήκους αλλά μόνο διαφορές φάσεως.
- 4) Οι περισσότεροι από αυτούς δεν αναγνωρίζουν δίαυλο.

### **b) Νεότεροι δέκτες OMEGA.**

Οι νεότεροι δέκτες OMEGA παρέχουν τεράστιες ευκολίες στο χρήστη, οι κυριότερες από τις οποίες είναι οι εξής:

- 1) Είναι πολύ μικρών διαστάσεων (σχ. 5.116) και απλοί στο χειρισμό τους.
- 2) Εκτελούν αυτόματο συγχρονισμό και αναγνώριση διαύλου.
- 3) Δεν απαιτείται η χρησιμοποίηση πινάκων διορθώσεων για τη διάδοση των σημάτων OMEGA, γιατί οι διορθώσεις αυτές περιέχονται στη μνήμη του ενσωματωμένου στο δέκτη μικροϋπολογιστή και γίνονται αυτόματα.
- 4) Εκτός από τις μετρούμενες διαφορές φάσεως παρέχουν το στίγμα και με ενδείξεις πλάτους και μήκους.
- 5) Με τη βοήθεια του ενσωματωμένου στο δέκτη μικροϋπολογιστή παρέχουν τη δυνατότητα επιλύσεως διαφόρων ναυτιλιακών προβλημάτων, όπως π.χ. ακολουθείται πορεία για άφιξη σε διάφορα σημεία προορισμού, επίλυση προβλημάτων ορθοδρομίας κλπ.



**Σχ. 5.116.**  
Σύγχρονος τύπος αυτόματου δέκτη OMEGA.

#### **5.11.2 Τρόπος χρησιμοποίησεως του δέκτη OMEGA.**

Για τον καθορισμό του στίγματος με το δέκτη OMEGA πρέπει να ακολουθηθούν ορισμένες διαδικασίες, μερικές από τις οποίες, ανάλογα με τα χαρακτη-

ριστικά του δέκτη, μπορούν να γίνουν αυτόματα ή να απαιτούν μεγαλύτερη ή μικρότερη επέμβαση του χειριστή, όπως περιγράφεται στο εγχειρίδιο με τις οδηγίες χρήσεως του συγκεκριμένου δέκτη του πλοίου μας. Εν τούτοις, παρά τις διαφορές μεταξύ των διαφόρων δεκτών OMEGA, οι διαδικασίες αυτές είναι σε γενικές γραμμές κοινές και είναι οι εξής:

- a) Επιλογή των σταθμών OMEGA.**
- b) Προσδιορισμός ακέραιου αριθμού των διαύλων.**
- γ) Συγχρονισμός του δέκτη.**
- δ) Μετρήσεις διαφορών φάσεων.**
- ε) Διορθώσεις των μετρηθέντων φάσεων για τη διάδοση των σημάτων OMEGA στην ατμόσφαιρα.**
- στ) Προσδιορισμός στίγματος.**

Στους σύγχρονους αυτόματους δέκτες OMEGA, όλες οι παραπάνω διδικασίες γίνονται αυτόματα με απλή καταχώριση του στίγματος αναμετρήσεως.

#### **a) Επιλογή των σταθμών OMEGA.**

Η επιλογή των σταθμών στους μη αυτόματους δέκτες γίνεται από το χειριστή με βάση τη γεωμετρία του στίγματος και τις τυχόν υφιστάμενες ανώμαλες συνθήκες διαδόσεων των σημάτων OMEGA στην ατμόσφαιρα. Στους σύγχρονους αυτόματους δέκτες η επιλογή των σταθμών γίνεται αυτόματα με απλή καταχώριση του στίγματος αναμετρήσεως. Ορισμένοι από τους δέκτες αυτούς έχουν τη δυνατότητα, εκτός από την αυτόματη επιλογή των σταθμών που έχουν την καλύτερη γεωμετρία στίγματος, να απορρίπτουν τους σταθμούς για τους οποίους εμφανίζονται παρεμβολές τύπων διαδόσεως. Για το σκοπό αυτό οι δέκτες αυτοί έχουν καταχωρισμένα στη μνήμη τους όλα τα απαραίτητα στοιχεία.

#### **6) Προσδιορισμός ακέραιου αριθμού των διαύλων.**

Ο αριθμός αυτός στους παλαιότερους δέκτες προσδιορίζεται από τον χειριστή με τοποθέτηση του στίγματος αναμετρήσεως στο χάρτη OMEGA της περιοχής και ανάγνωση των αντιστοίχων τιμών (σχ. 5.68). Οι σύγχρονοι δέκτες OMEGA προσδιορίζουν αυτόματα τον ακέραιο αριθμό των διαύλων, με βάση το στίγμα αναμετρήσεως που παρέχεται από τον χειριστή.

#### **γ) Συγχρονισμός του δέκτη.**

Η διαδικασία αυτή, που περιγράφηκε στην § 5.4, γίνεται σύμφωνα με τις ειδικές οδηγίες του εγχειριδίου χρήσεως της συσκευής του πλοίου.

#### **δ - ε - στ) Μετρήσεις φάσεως – διορθώσεις διαδόσεως – προσδιορισμός στίγματος.**

Οι μετρήσεις φάσεως γίνονται από το δέκτη ανάλογα με τους σταθμούς που επιλέγησαν και εμφανίζονται στον ενδείκτη του.

Στους παλαιότερους δέκτες OMEGA, μετά την ανάγνωση των μετρήσεων αυτών, ο χειριστής για τον προσδιορισμό του στίγματος θα πρέπει:

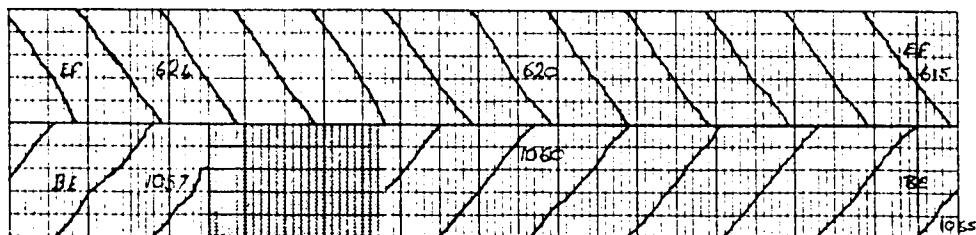
- 1) Να διορθώσει τις μετρηθείσες φάσεις (διαφορές φάσεων) για τη διάδοση

των σημάτων στην ατμόσφαιρα, σύμφωνα με τα στοιχεία των πινάκων OMEGA Propagation Correction Tables.

2) Με βάση τις διορθωμένες διαφορές φάσεως, να προσδιορίσει το στύγμα του χρησιμοποιώντας, είτε τους ειδικούς χάρτες OMEGA επάνω στους οποίους είναι χαραγμένες οι υπερβολικές γραμμές θέσεως που αντιστοιχούν στις συγκεκριμένες διαφορές φάσεως, είτε τους πίνακες συντεταγμένων OMEGA (Omega Latice Tables) με τη βοήθεια των οποίων μπορεί να σχεδιάσει τις αντίστοιχες υπερβολικές γραμμές θέσεως επάνω στον κοινό ναυτικό χάρτη ή σε άλλο φύλλο υποτυπώσεως.

### 5.11.3 Υποτυπωτής διαφορών φάσεως OMEGA.

Αρκετοί δέκτες OMEGA έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται με υποτυπωτές φάσεως όπως αυτός του σχήματος 5.11γ. Με τη βοήθεια των υποτυπωτών αυτών ο ναυτιλλόμενος παρακολουθεί τη συνεχή καταγραφή των μετρουμένων από το δέκτη διαφορών φάσεως. Με τον τρόπο αυτό, είναι δυνατός ο έλεγχος των μετρουμένων διαφορών φάσεως και ο εντοπισμός οποιασδήποτε ανωμαλίας, όπως π.χ. η απότομη αλλαγή του ακέραιου αριθμού των διαύλων, που λέγεται ολίσθηση διαύλου (lane slip) και δημιουργείται από διάφορα αίτια, όπως π.χ. στιγμιαία διακοπή της λειτουργίας του δέκτη, ανώμαλες συνθήκες διαδόσεως κλπ.



Σχ. 5.11γ.  
Υποτυπωτής διαφορών φάσεως OMEGA.

Στον υποτυπωτή φάσεως του σχήματος 5.11γ καταγράφονται οι φάσεις που μετρούνται από δύο ζεύγη σταθμών, ενώ σε άλλους υποτυπωτές είναι δυνατό να καταγράφονται μετρήσεις που προέρχονται από τρία ζεύγη. Κατά την αυτόματη καταγραφή των μετρουμένων διαφορών φάσεως, πρέπει να γίνεται παραβολή με τις αντίστοιχες ενδείξεις του δέκτη και να σημειώνονται με το χέρι τα απαραίτητα στοιχεία επάνω στο καταγραφικό χάρτι.

### 5.11.4 Παράδειγμα χρησιμοποίησεως πινάκων OMEGA για διορθώσεις διαδόσεως σημάτων και προδιορισμό στίγματος.

Στις 04.00 Ζ της 5ης Φεβρουαρίου ένα πλοίο θρίσκεται σε στίγμα αναμετρήσεως:  $\Phi = 21^\circ 36' N$  και  $\lambda = 161^\circ 15' E$  και χρησιμοποιώντας το δέκτη OMEGA λαμβάνει μια ένδειξη διαφοράς φάσεως μεταξύ των σημάτων των σταθμών Δ και Η ίση με 1090,15.

- Ζητείται: α) Να διορθωθεί η μετρηθείσα διαφορά φάσεως για τις επιδράσεις της διαδόσεως των σημάτων OMEGA στην ατμόσφαιρα.  
 β) Να χαραχθεί η αντίστοιχη γραμμή θέσεως σε φύλλο υποτυπώσεως ή κοινό ναυτικό χάρτη.

**α) Διορθώσεις λόγω διαδόσεως σημάτων OMEGA στην ατμόσφαιρα.**

Για τη διόρθωση της διαφοράς φάσεως που μετρήθηκε, χρησιμοποιούμε τους πίνακες OMEGA Propagation Correction Tables των σταθμών D και H που αναφέρονται στην περιοχή του στύγματος αναμετρήσεως (περιοχή 09 σχήματος 5.8στ). Με τη βοήθεια των διαγραμματικών ευρετηρίων των παραπάνω πινάκων, που έχουν τη μορφή του σχήματος 5.8στ, προσδιορίζομε τις σελίδες των πινάκων που παρέχουν διορθώσεις για το τετράγωνο των  $4^{\circ}$  πλάτους  $\times 4^{\circ}$  μήκους που αντιστοιχεί στο στύγμα αναμετρήσεως. Έστω, ότι οι πίνακες αυτοί είναι οι πίνακες 5.8.1 κι 5.8.2. Με βάση τα στοιχεία των πινάκων αυτών έχομε:

Διόρθωση φάσεως (PPC) σταθμού D	-0,49
Διόρθωση φάσεως (PPC) σταθμού H	-0,07
Διόρθωση φάσεως (PPC) για το ζεύγος D - H = (-0,49 - 0,07) = 0,42 <sup>(1)</sup>	0,42 <sup>(1)</sup>
Ληφθείσα μέτρηση (D - H)	1090,15
Προσδιορισθείσα διόρθωση (D - H)	-0,42
Διορθωμένη Διαφορά Φάσεων (D - H)	1089,73

**β) Χάραξη γραμμής θέσεως.**

Για τη χάραξη της γραμμής θέσεως OMEGA που αντιστοιχεί στη διορθωμένη διαφορά φάσεως 1089,73 μεταξύ των σταθμών D και H χρησιμοποιούμε τα στοιχεία των πινάκων συντεταγμένων OMEGA (OMEGA Lattice Tables) του αντίστοιχου ζεύγους σταθμών (D - H) (σχ. 5.11δ).

Οι πίνακες αυτοί, των οποίων απόσπασμα αποτελεί ο πίνακας 5.11.1, παρέχουν για κάθε ακέραια τιμή διαφοράς φάσεως τις συντεταγμένες χαρακτηριστικών σημείων της αντίστοιχης υπερβολικής γραμμής θέσεως.

Με τη βοήθεια των πινάκων αυτών, μπορούμε, για κάθε μια διαφορά φάσεως που αντιστοιχεί στο στύγμα αναμετρήσεως, να προσδιορίσουμε τις συντεταγμένες δυο σημείων τα οποία (όπως και στην περίπτωση του LORAN - C) χρησιμοποιούνται για τη χάραξη ενός ευθύγραμμου τμήματος το οποίο αναπαριστά τμήμα της αντίστοιχης υπερβολικής γραμμής θέσεως OMEGA.

Με βάση τα στοιχεία των πινάκων αυτών (πίνακας 5.11.1) και για τη διορθωθείσα διαφορά φάσεως (D - H: 1089,73) έχομε:

(1) Για τον προσδιορισμό της παραπάνω διορθώσεως (-0,42) που αντιστοιχεί στη ληφθείσα μέτρηση της διαφοράς φάσεως των 1090,15 μεταξύ των σταθμών D και H προσδιορίσαμε ξεχωριστά τις διορθώσεις που αντιστοιχούν σε κάθε σταθμό (D και H) και στη συνέχεια αφαιρέσαμε αλγεβρικά τη διόρθωση του σταθμού H από αυτή του σταθμού D. Οι διορθώσεις των πινάκων OMEGA (Propagation Correction Tables παρέχονται σε εκατοστοδιαύλους σαν μικρότεροι της μονάδας δεκαδικοί αριθμοί με δυο δεκαδικά ψηφία, πίνακες 5.8.1 και 5.8.2).

## ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11.1

Απόσπασμα από τους πίνακες «OMEGA Lattice Tables» για το ζεύγος σταθμών D-H

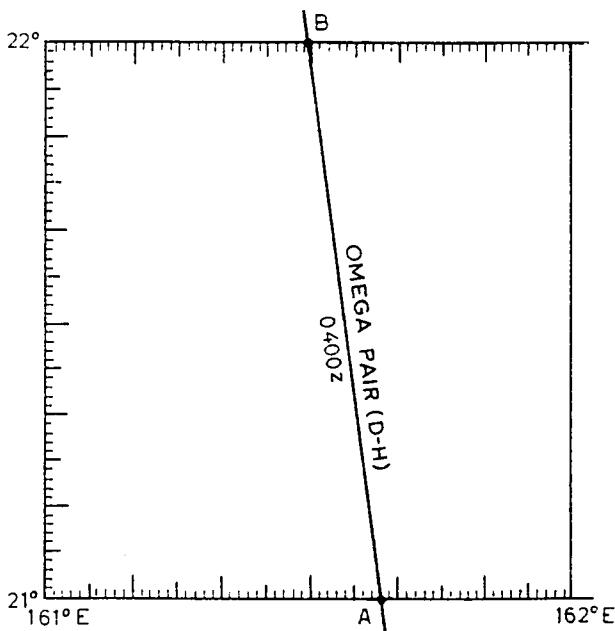
T	D-H 1090	D-H 1091	D-H 1092	D-H 1093	D-H 1094	T
Lat						Long
0 N	162 16.2E -121	162 04.0E -121	161 51.9E -122	161 39.6E -122	161 27.4E -122	
1 N	162 18.7E -120	162 06.5E -121	161 54.4E -121	161 42.3E -121	161 30.1E -121	
2 N	162 20.7E -120	162 04.7E -120	161 55.6E -120	161 44.5E -120	161 32.5E -120	
3 N	162 22.4E -119	162 10.3E -119	161 58.5E -119	161 46.9E -119	161 34.4E -119	
4 N	162 23.7E -119	162 11.6E -119	161 53.9E -119	161 47.7E -119	161 36.0E -119	
5 N	162 24.6E -118	162 12.3E -118	162 00.9E -118	161 49.0E -118	161 37.1E -118	
6 N	162 25.1E -117	162 13.4E -117	162 01.6E -118	161 49.7E -118	161 37.9E -118	
7 N	162 25.2E -116	162 13.6E -117	162 01.4E -117	161 50.0E -117	161 38.3E -117	
8 N	162 24.9E -116	162 13.3E -116	162 01.6E -116	161 49.3E -117	161 38.2E -117	
9 N	162 24.2E -115	162 12.6E -115	162 01.0E -116	161 49.3E -116	161 37.7E -116	
10 N	162 23.0E -115	162 11.5E -115	161 53.9E -115	161 48.3E -115	161 36.7E -115	
11 N	162 21.4E -114	162 01.7E -115	161 50.3E -115	161 46.8E -115	161 35.3E -115	
12 N	162 19.2E -114	162 07.2E -114	161 56.3E -114	161 44.3E -114	161 33.3E -114	
13 N	162 16.6E -113	162 05.3E -114	161 53.0E -114	161 42.3E -114	161 30.9E -114	
14 N	162 13.5E -113	162 02.2E -113	161 50.8E -114	161 39.3E -114	161 27.9E -114	
15 N	162 09.8E -113	161 58.5E -113	161 47.2E -113	161 35.8E -113	161 24.5E -113	
16 N	162 05.6E -112	161 54.3E -112	161 43.0E -112	161 31.7E -112	161 20.4E -112	
17 N	162 00.9E -112	161 47.5E -112	161 38.2E -112	161 27.0E -112	161 15.7E -112	
18 N	161 55.3E -112	161 44.1E -112	161 32.9E -111	161 21.7E -112	161 10.4E -112	
19 N	161 49.2E -111	161 38.1E -111	161 26.9E -112	161 15.6E -112	161 04.9E -111	
20 N	161 42.4E -111	161 31.3E -111	161 20.1E -111	161 09.0E -111	160 57.6E -111	
21 N	161 34.9E -110	161 23.1E -111	161 17.7E -111	161 01.6E -111	160 50.4E -111	
22 N	161 26.7E -110	161 15.6E -110	161 04.5E -111	160 53.4E -111	160 42.3E -111	
23 N	161 17.6E -110	161 06.6E -110	160 55.5E -111	160 44.3E -111	160 33.3E -110	
24 N	161 07.7E -110	160 56.6E -110	160 45.6E -110	160 34.5E -111	160 23.3E -111	
25 N	160 56.9E -110	160 45.9E -110	160 34.8E -111	160 23.6E -110	160 12.6E -110	
26 N	160 45.1E -110	160 34.1E -110	160 23.0E -111	160 11.9E -110	160 00.8E -110	
27 N	160 32.3E -110	160 21.3E -110	160 10.1E -111	159 51.0E -110	159 48.0E -110	
28 N	160 18.4E -110	160 07.3E -110	159 56.2E -111	159 45.1E -111	159 34.0E -110	
29 N	160 03.3E -110	159 52.2E -111	159 41.0E -111	159 29.9E -111	159 18.8E -110	
30 N	159 46.9E -110	159 35.4E -111	159 24.6E -111	159 13.4E -111	159 02.3E -111	
31 N	159 29.2E -111	159 18.0E -111	159 06.8E -112	158 55.6E -111	159 44.4E -111	
32 N	159 10.0E -112	159 54.2E -112	158 47.5E -112	158 36.3E -112	158 25.1E -112	
33 N	158 43.3E -112	158 37.9E -113	158 26.6E -112	158 15.3E -112	159 04.1E -113	
34 N	158 26.8E -113	158 15.4E -114	158 04.0E -113	157 52.6E -113	157 41.3E -113	
35 N	158 02.4E -114	157 50.9E -114	157 39.5E -114	157 28.0E -114	157 16.5E -115	
36 N	157 36.1E -116	157 24.4E -115	157 12.9E -115	157 01.4E -115	156 49.7E -116	
37 N	157 07.5E -117	156 55.8E -116	156 44.1E -116	156 32.4E -117	156 20.7E -117	
38 N	156 34.5E -118	156 24.7E -118	156 12.9E -118	156 01.0E -119	155 49.1E -118	
39 N	156 03.0E -119	155 51.0E -120	155 38.9E -120	155 26.8E -120	155 14.8E -120	
40 N	155 26.5E -121	155 14.3E -122	155 02.0E -122	154 49.7E -122	154 37.4E -122	
41 N	154 46.7E -124	154 34.3E -125	154 21.7E -125	154 09.2E -124	153 56.6E -125	
42 N	154 03.5E -127	153 50.7E -123	153 37.8E -120	153 25.1E -127	153 12.2E -128	
43 N	153 16.1E -131	151 03.0E -131	152 49.9E -131	152 36.7E -132	152 23.5E -132	
44 N	152 24.4E -134	152 10.9E -135	151 57.3E -135	151 43.7E -135	151 30.1E -136	
45 N	151 27.5E -139	151 13.5E -140	150 59.4E -140	150 45.3E -140	150 31.2E -141	
T	D-H 1090	D-H 1091	D-H 1092	D-H 1093	D-H 1094	T

Διορθωμένη διαφορά φάσεως σταθμών D - H	1089,73
Πλησιέστερη πινακοποιημένη ένδειξη πινάκων (T)	1090,00
Διαφορά	-0,27

Πλάτος εισόδου <sup>(1)</sup>	Πινακοποιημένο μήκος	Δ	Διαφορά μήκους (Διαφορά χΔ)	Μήκος που υπολογίσθηκε
21° N	161° 34', 9 E	-11,0	(-0,27) × 9 - 11,0 = 3,0	161° 37', 9 E
22° N	161° 26', 7 E	-11,0	(-0,27) × 9 - 11,0 = 3,0	161° 29', 7 E

Με τα παραπάνω στοιχεία, χαράσσουμε επάνω σε φύλλο υποτυπώσεως ή σε κοινό ναυτικό χάρτη το ευθύγραμμο τμήμα AB που αναπαριστά τη γραμμή θέσεως D - H 1089,73 (σχ. 5.11δ). Οι συντεταγμένες των σημείων A και B είναι:

Σημείο A       $\phi = 21^{\circ} 00' N$        $\lambda = 161^{\circ} 37', 9 E$   
 Σημείο B       $\phi = 22^{\circ} 00' N$        $\lambda = 161^{\circ} 29', 7 E$



Σχ. 5.11δ.  
Χάραξη γραμμής θέσεως OMEGA σε φύλλο υποτυπώσεως.

(1) Ως στοιχεία εισόδου στη στήλη του πλάτους των πινάκων χρησιμοποιούνται οι τιμές που περικλείουν το πλάτος αναμετρήσεως.

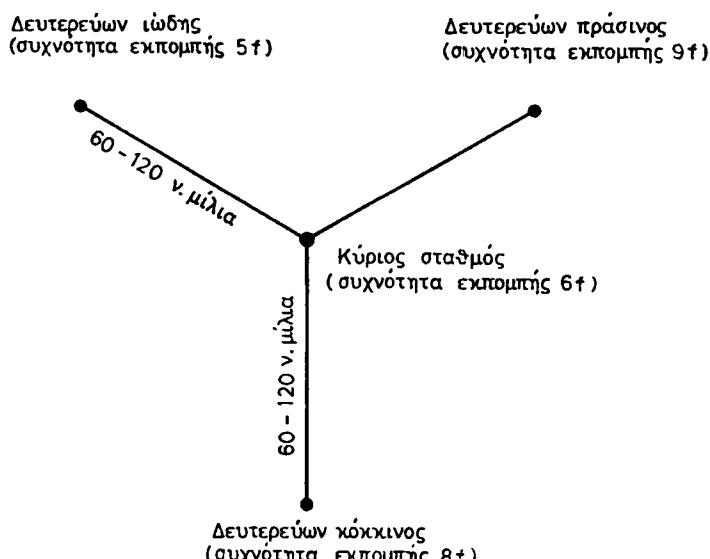
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ DECCA

Το DECCA είναι ένα υπερβολικό σύστημα καθορισμού στίγματος μικρής - μέσης εμβέλειας και μεγάλης ακρίβειας, που λειτουργεί με τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως σε χαμηλές συχνότητες (70 - 130 kHz περίπου) και χρησιμοποιείται για τη ναυσιπλοία σε ορισμένες παράκτιες περιοχές με μεγάλη ναυτιλιακή κίνηση.

### 6.1 Αλυσίδες σταθμών DECCA και περιοχές καλύψεως.

Το δίκτυο των σταθμών DECCA αποτελείται από αλυσίδες (ομάδες) σταθμών, κάθε μια από τις οποίες καλύπτει μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή και συνήθως αποτελείται από ένα κύριο και τρεις δευτερεύοντες σταθμούς.

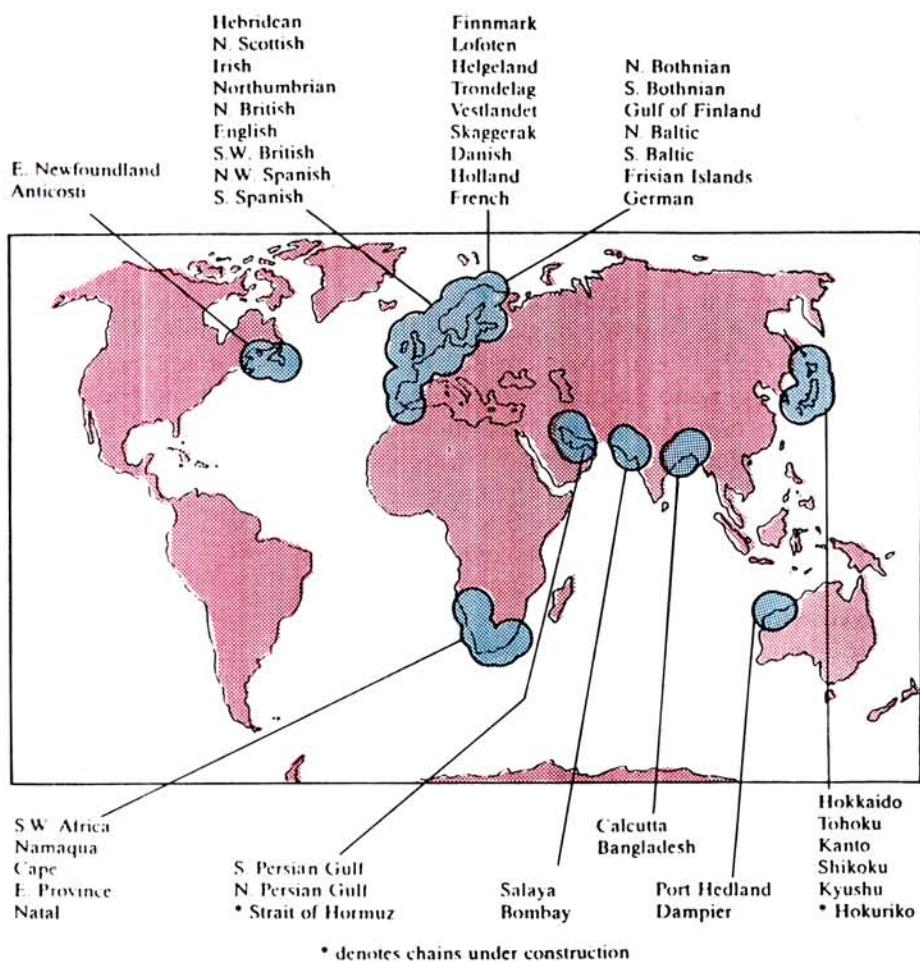
Οι δευτερεύοντες σταθμοί κάθε αλυσίδας DECCA, ανάλογα με τη συχνότητα εκπομπής τους, χαρακτηρίζονται σαν κόκκινος (red), πράσινος (green) και ιώδης (purple) (σχ. 6.1a). Οι σταθμοί αυτοί συνήθως θρίσκονται σε αποστάσεις 60 - 120 ναυτικών μιλίων από τον αντίστοιχο κύριο σταθμό.



Σχ. 6.1a.  
Τυπική διάταξη των σταθμών μιας αλυσίδας DECCA.

Η πρώτη αλυσίδα σταθμών DECCA δημιουργήθηκε το 1946 στην περιοχή της Βόρειας θάλασσας και από τότε μέχρι σήμερα λειτουργούν πενήντα περίπου αλυσίδες, που καλύπτουν διάφορες θαλάσσιες περιοχές, όπως π.χ. Βόρεια και Βαλτική Θάλασσα, Βισκαϊκός κόλπος, ακτές Ιαπωνίας και Αφρικής, ορισμένες ακτές της Ινδίας, των ΗΠΑ και του Καναδά (σχ. 6.16).

Λεπτομερείς πληροφορίες για τις ακριβείς θέσεις και τα λοιπά χαρακτηριστικά των σταθμών κάθε αλυσίδας DECCA περιέχονται στην έκδοση του Βρετανικού Ναυαρχείου Admiralty List of Radio Signals Vol 5.



Σχ. 6.16.  
Περιοχές καλύψεως του συστήματος DECCA.

## 6.2 Αρχές λειτουργίας του συστήματος DECCA.

Όπως αναφέρθηκε ήδη, το DECCA είναι ένα υπερβολικό σύστημα καθορισμού στίγματος, που λειτουργεί με τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως (§ 3.3) και

σύμφωνα με την οποία:

α) Ο προσδιορισμός μιας υπερβολικής γραμμής θέσεως στηρίζεται στη σύγκριση της φάσεως των εκπεμπομένων από δυο σταθμούς συνεχών αδιαμορφώτων σημάτων της ίδιας συχνότητας, τα οποία κατά τη χρονική στιγμή της εκπομπής τους από τους αντίστοιχους σταθμούς έχουν την ίδια φάση.

β) Η υπερβολική γραμμή θέσεως, που προσδιορίζεται με τη μέθοδο αυτή, εμπειριέχει την αθεβαιότητα διαύλου, η οποία οφείλεται στο ότι η μετρούμενη διαφορά φάσεως μεταξύ των λαμβανομένων από τους δυο σταθμούς σημάτων αντιστοιχεί σε αρκετές υπερβολικές γραμμές θέσεως, οι οποίες τέμνουν τη γραμμή θάσεως σε σημεία που απέχουν μεταξύ τους το μισό του μήκους κύματος ( $\lambda/2$ ) που αποτελεί το εύρος διαύλου.

γ) Για τον ακριβή προσδιορισμό μιας υπερβολικής γραμμής θέσεως, που προκύπτει με τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως (άρση αθεβαιότητας διαύλου), πρέπει να γνωρίζομε το (περίπου) στίγμα αναμετρήσεως με ακρίβεια ίση με το μισό του εύρους διαύλου ( $\lambda/2$ ).

### **6.2.1 Εκπομπή σταθμών DECCA.**

Κάθε σταθμός μιας αλυσίδας DECCA εκπέμπει ένα συνεχές αδιαμόρφωτο (ημιτονοειδές) σήμα χαμηλής συχνότητας (70 - 130 kHz περίπου).

Οι συχνότητες εκπομπής των σταθμών μιας αλυσίδας είναι διαφορετικές μεν, αλλά κάθε μια από τις συχνότητες αυτές είναι αρμονική μιας βασικής για την αντίστοιχη αλυσίδα συχνότητας (που είναι ίση με 14 kHz περίπου). Η σχέση που υπάρχει μεταξύ της συχνότητας εκπομπής κάθε σταθμού ως προς τη βασική συχνότητα  $f$  της αλυσίδας είναι η εξής:

- Συχνότητα κύριου σταθμού =  $6 \times f$
- Συχνότητα δευτερεύοντος κόκκινου =  $8 \times f$
- Συχνότητα δευτερεύοντος πράσινου =  $9 \times f$
- Συχνότητα δευτερεύοντος ιώδους =  $5 \times f$

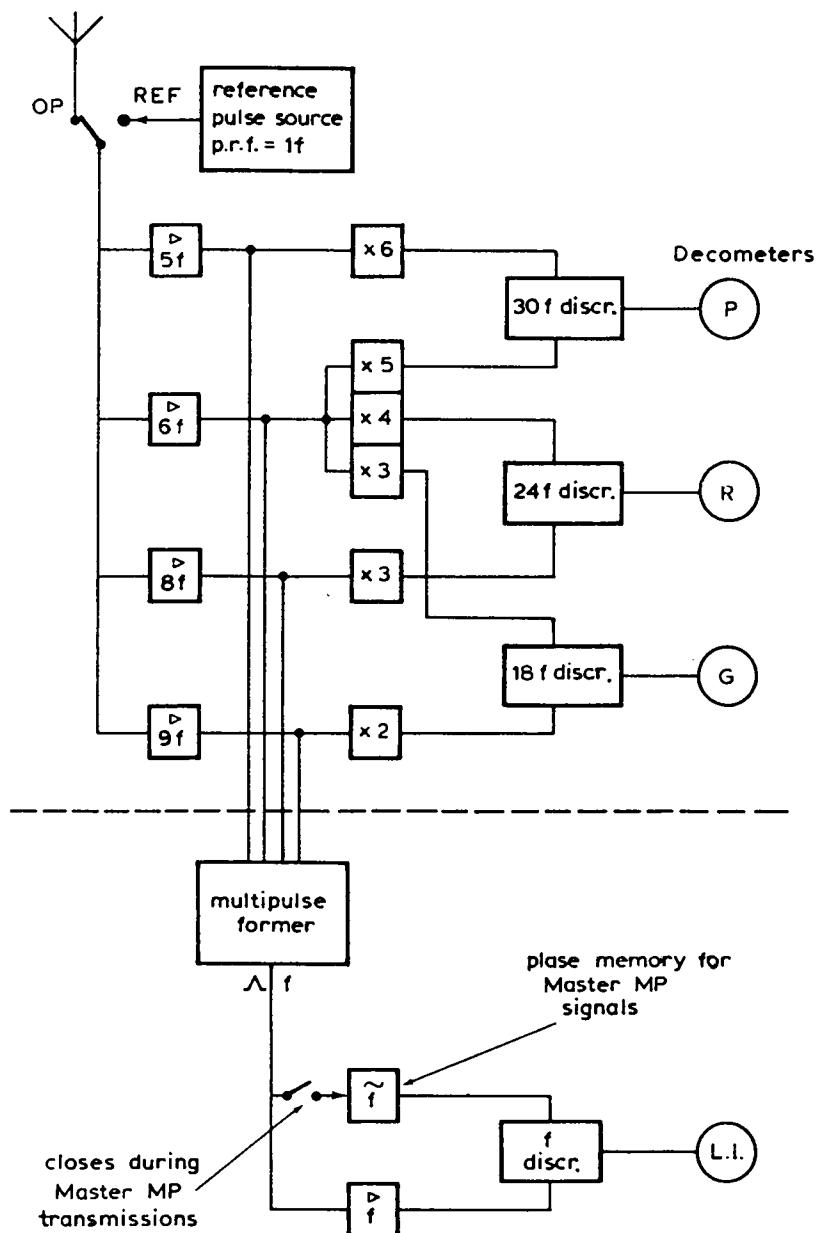
Οι σταθμοί κάθε αλυσίδας εκπέμπουν σε διαφορετική συχνότητα, προκειμένου να είναι δυνατό να διαχωρισθούν στο δέκτη τα σήματα που προέρχονται από κάθε σταθμό.

Όπως θα επεξηγηθεί στη συνέχεια, οι εκπομπές των σταθμών κάθε αλυσίδας στις αντίστοιχες συχνότητες ( $6f$  ή ο κύριος,  $8f$  ο κόκκινος,  $9f$  ο πράσινος,  $5f$  ο ιώδης) διακόπτονται για πολύ μικρά χρονικά διαστήματα, προκειμένου να δοθεί δυνατότητα για κάθε σταθμό της αλυσίδας να εκπέμπει και στις συχνότητες των άλλων σταθμών για να γίνει δυνατή η αναγνώριση διαύλου στο δέκτη DECCA.

### **6.2.2 Μέτρηση διαφοράς φάσεως στο δέκτη DECCA.**

Σύμφωνα με τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως, τα σήματα των δυο σταθμών, για τα οποία γίνεται μέτρηση της διαφοράς φάσεως στο δέκτη, πρέπει να έχουν την ίδια συχνότητα.

Για το λόγο αυτό, στην περίπτωση του DECCA η σύγκριση της φάσεως των λαμβανομένων στο δέκτη σημάτων δεν γίνεται στις συχνότητες εκπομπής των σταθμών, αλλά σε κάποια τρίτη συχνότητα συγκρίσεως φάσεως, η οποία είναι



**Σχ. 6.2α.**  
Διάγραμμα λειτουργίας δέκτη DECCA.

το ελάχιστο κοινό πολλαπλάσιο των συχνοτήτων των δυο σταθμών (κύριου και δευτερεύοντος).

Για τη σύγκριση της φάσεως των σημάτων κύριου και κόκκινου σταθμού, ο δέκτης πολλαπλασιάζει τη συχνότητα του σήματος του κύριου (6 f) επί τέσσερα ( $6 f \times 4 = 24 f$ ) και τη συχνότητα του σήματος του κόκκινου (8 f) επί 3 ( $8 f \times 3 = 24 f$ ), οπότε η σύγκριση της φάσεως για τα σήματα του ζεύγους κύριου-κόκκινου σταθμού γίνεται στη συχνότητα 24 f.

Κατ' αντίστοιχία, η σύγκριση της φάσεως των σημάτων του ζεύγους κύριου - πράσινου σταθμού γίνεται στη συχνότητα 18 f, ενώ για τα σήματα του ζεύγους κύριου-ιώδους γίνεται στην συχνότητα 30 f (σχ. 6.2a).

### 6.2.3 Δίαυλοι και ζώνες DECCA.

Με τον παραπάνω τρόπο λειτουργίας του συστήματος DECCA, προκύπτει ότι το εύρος διαύλου επάνω σε κάθε γραμμή θάσεως μιας αλυσίδας είναι διαφορετικό. Για παράδειγμα αν εξετάσουμε μια αλυσίδα με βασική συχνότητα 14,166 kHz και ταχύτητα διαδόσεως των ραδιοκυμάτων ίση με 299,700 km/sec, προκύπτει ότι το εύρος διαύλου που ισούται με το μισό του μήκους κύματος, επάνω στην κόκκινη γραμμή θάσεως (συχνότητα συγκρίσεως 24 f) είναι 440,7 m, επάνω στην πράσινη γραμμή θάσεως (συχνότητα συγκρίσεως 18 f) 587,6 m και επάνω στην ιώδη γραμμή θάσεως (συχνότητα συγκρίσεως 30 f) 325 m.

Οι ζώνες DECCA αποτελούνται από μια ομάδα διαύλων, που, όπως θα δούμε στη συνέχεια, χρησιμοποιούνται για την αναγνώριση από το δέκτη του συγκεκριμένου διαύλου, όπου αναφέρεται η μετρούμενη διαφορά φάσεως. Μια ζώνη DECCA αποτελείται από 24 κόκκινους, 18 πράσινους ή 30 ιώδεις διαύλους και έχει εύρος περίπου 10560 m επάνω στην αντίστοιχη γραμμή θάσεως.

Οι ζώνες DECCA χαρακτηρίζονται με τα δέκα πρώτα γράμματα του λατινικού αλφαριθμητου (Α έως και Ι). Στις περιπτώσεις που το μήκος μιας γραμμής θάσεως DECCA είναι μεγαλύτερο από το δεκαπλάσιο του εύρους ζώνης, η ζώνη που ακολουθεί τη ζώνη J χαρακτηρίζεται με το γράμμα Α κ.ο.κ.

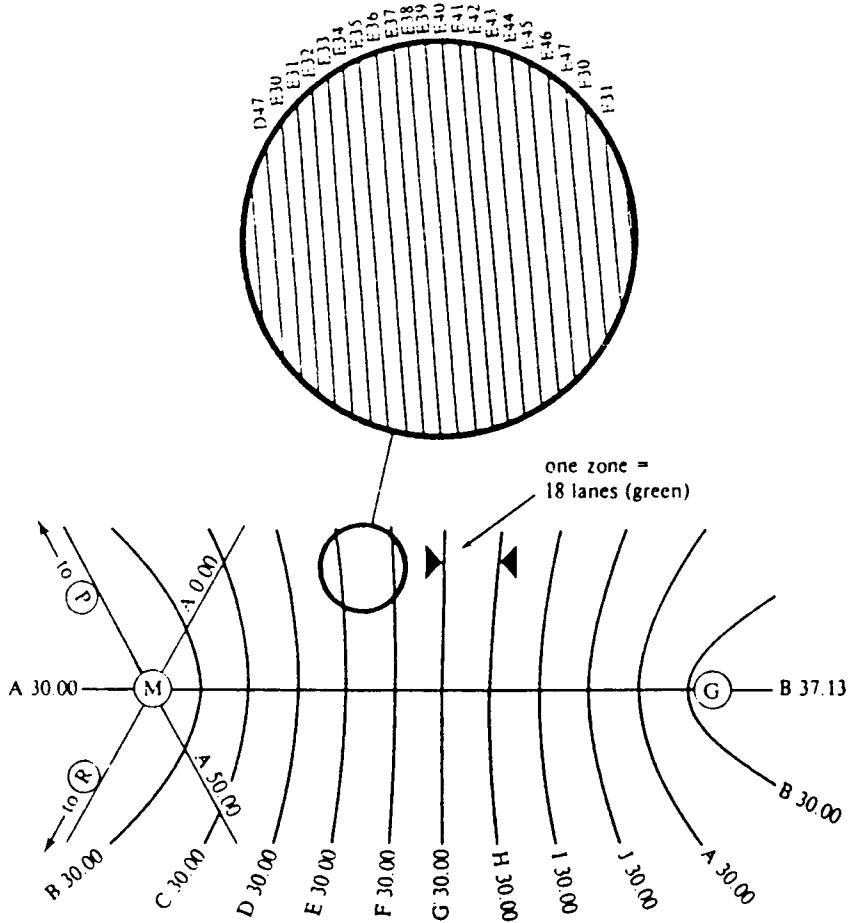
Οι δίαυλοι κάθε ζώνης DECCA (σχ. 6.2b) αριθμολογούνται με ακέραιους αριθμούς, ως εξής:

Ζώνη	Αρίθμηση
Κόκκινη	0-23
Πράσινη	30-47
Ιώδης	50-79

Μια υπερβολική γραμμή θέσεως DECCA προσδιορίζεται από τα εξής χαρακτηριστικά:

- Χρώμα δευτερεύοντος σταθμού.
- Γράμμα ζώνης.
- Αριθμός διαύλου.
- Εκατοστό του διαύλου (που προκύπτει από τη μέτρηση της διαφοράς φάσεως).

Από τα παραπάνω το χρώμα του δευτερεύοντος σταθμού δεν αποτελεί απαραίτητο στοιχείο της υπερβολικής γραμμής θέσεως, γιατί αυτό προκύπτει άμεσα από τον αριθμό του διαύλου.



**Σχ. 6.28.**  
Διαύλοι και ζώνες DECCA.

#### 6.2.4 Αναγνώριση διαύλου στο δέκτη DECCA.

Τα εύρη των διαύλων DECCA είναι αρκετά μικρά, της τάξεως των 300 - 500 m και η αρχική εκτίμηση του ολικού αριθμού των διαύλων από το χειριστή απαιτεί τη γνώση της περίπου θεσεως του πλοίου (στίγμα αναμετρήσεως) με ακρίβεια μεγαλύτερη από το μισό του εύρους του διαύλου η οποία ελάχιστες φορές είναι διαθέσιμη. Γι αυτό οι δέκτες DECCA έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιούν μόνοι τους την αναγνώριση διαύλου με τον τρόπο που περιγράφεται στη συνέχεια.

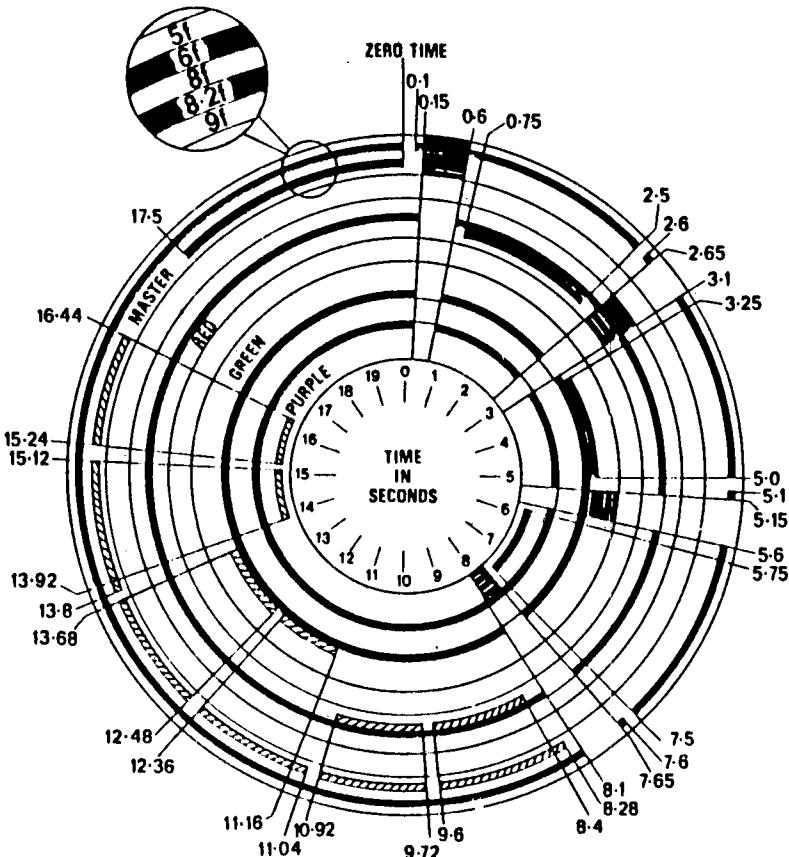
Η αναγνώριση διαύλου DECCA στο δέκτη γίνεται με τη δημιουργία ενός βοηθητικού διαύλου, που αντιστοιχεί στη βασική συχνότητα ή της αλυσίδας και έχει εύρος ίσο με 18 κόκκινους, 24 πράσινους ή 30 ιώδεις διαύλους (περίπου 10,5 km επάνω στην αντίστοιχη γραμμή θέσεως).

Η δημιουργία του διαύλου αυτού, που έχει εύρος όσο μια ζώνη DECCA, δεν

στηρίζεται στη λήψη σημάτων αντίστοιχης συχνότητας (1 f) από τους σταθμούς της αλυσίδας, αφού η εκπομπή των σημάτων αυτών στη συχνότητα f (VLF) απαιτεί πολύ ισχυρότερους σταθμούς και πολύ μεγαλύτερες κεραίες (§ 1.6.1), αλλά στην εκπομπή κάθε σταθμού σε όλες τις συχνότητες εκπομπής της αλυσίδας (5 f, 6 f, 8 f, και 9 f) και στη συνέχεια στη δημιουργία της συχνότητας 1 f στο δέκτη.

Για το σκοπό αυτό, οι σταθμοί μιας αλυσίδας DECCA εκπέμπουν διαδοχικά και στις συχνότητες των άλλων σταθμών, για χρονικό διάστημα μισού περίπου δευτερολέπτου, στο αντίστοιχο διάστημα των 2,5 δευτερολέπτων του κύκλου εκπομπής των 20 δευτερολέπτων της αλυσίδας (σχ. 6.2γ). Ο τρόπος αυτός εκπομπής λέγεται **πολυπαλμική εκπομπή** (Multipulse Transmition) και χρησιμοποιείται από τις περισσότερες αλυσίδες DECCA.

Εκτός από την εκπομπή στις βασικές συχνότητες, οι σταθμοί κάθε αλυσίδας εκπέμπουν και στη συχνότητα 8,2 f (σκιασμένες εκπομπές του σχήματος 6.2γ), προκειμένου να:



Σχ. 6.2γ.

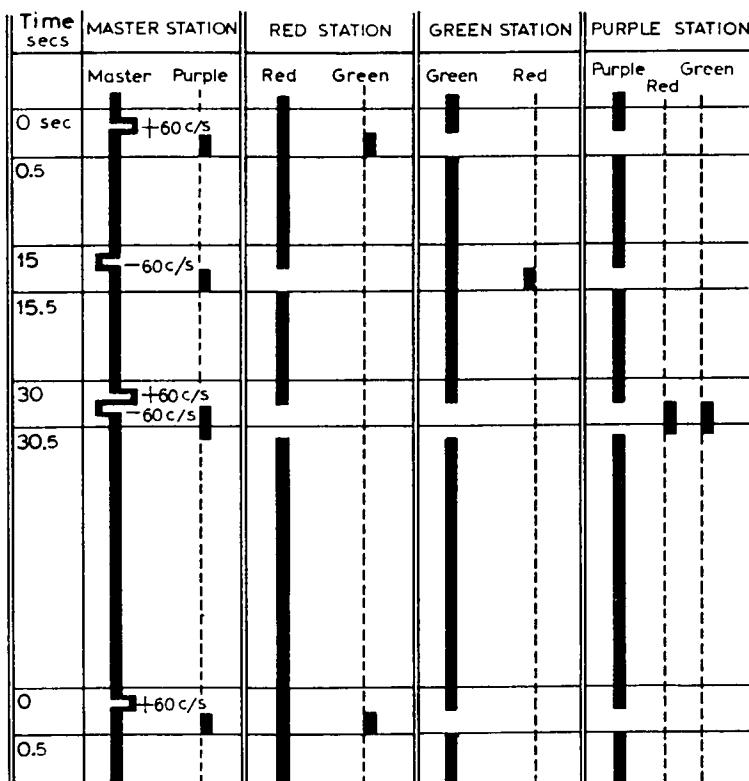
Πολυπαλμική (MP) εκπομπή των σταθμών μιας αλυσίδας DECCA.

- Παρέχουν καλύτερη δυνατότητα αναγνωρίσεως διαύλου σε δέκτες που προορίζονται για αεροσκάφη.
- Εκπέμπουν σήματα ελέγχου από τον κύριο προς τους δευτερεύοντες σταθμούς.

Οι διακοπές της εκπομπής του κύριου σταθμού για ένα δέκατο του δευτερολέπτου (σχ. 6.2γ) χρησιμοποιούνται στην ενεργοποίηση του δέκτη για την επεξεργασία των εκπομπών αναγνωρίσεως διαύλου που ακολουθούν.

Ορισμένοι παλαιοί δέκτες για την αναγνώριση του διαύλου δεν χρησιμοποιούν και τις τέσσερις συχνότητες εκπομπής (πολυπαλμική εκπομπή MP), αλλά μόνο τις συχνότητες 8 f και 9 f, και η δημιουργία του βιοθητικού διαύλου που αντιστοιχεί στη βασική συχνότητα 1 f προκύπτει από την ανάμιξη των δυο αυτών συχνοτήτων ( $9 f - 8 f = 1 f$ ). Ο αντίστοιχος τρόπος εκπομπής των σταθμών μιας αλυσίδας (σχ. 6.2δ) λέγεται εκπομπή τύπου V. Σήμερα ελάχιστες αλυσίδες DECCA εκπέμπουν μόνο με αυτόν τον τρόπο. Οι περισσότερες εκπέμπουν σήματα αναγνωρίσεως διαύλου τύπου MR μόνο, ή τύπου MR και V, ενώ πολύ λίγες εκπέμπουν μόνο σήματα τύπου V.

Από τους δέκτες DECCA, άλλοι έχουν τη δυνατότητα να λαμβάνουν και τις δύο εκπομπές (τύπου MR και V) και άλλοι μόνο μια από αυτές.



Σχ. 6.2δ.

Εκπομπή τύπου V των σταθμών μιας αλυσίδας DECCA.

### **6.3 Χάρτες DECCA και σχετικές εκδόσεις.**

#### **6.3.1 Αριθμηση αλυσίδων DECCA.**

Κάθε αλυσίδα σταθμών DECCA χαρακτηρίζεται από έναν αριθμό από 0 ως 10 και από ένα γράμμα από A μέχρι F, που προσδιορίζουν τις συχνότητες εκπομπής των σταθμών της αλυσίδας. Ο αριθμός από 0 ως 10 αντιστοιχεί σε μια ομάδα βασικών συχνοτήτων, ενώ το γράμμα από A έως F αντιστοιχεί στη συγκεκριμένη συχνότητα.

#### **6.3.2 Χάρτες DECCA.**

Η Υδρογραφική Υπηρεσία του Βρετανικού Ναυαρχείου και διάφορες άλλες Υδρογραφικές Υπηρεσίες εκδίδουν ναυτικούς χάρτες επάνω στους οποίους είναι χαραγμένες οι αντίστοιχες υπερβολικές γραμμές θέσεως, οι οποίες έχουν το χρώμα του αντίστοιχου δευτερεύοντος σταθμού. Στο χάρτη του σχήματος 6.3α παρατηρούμε τον τρόπο συμβολισμού των υπερβολικών γραμμών θέσεως σύμφωνα με τον αριθμό διαύλου και το χαρακτηριστικό γράμμα ζώνης.

#### **6.3.3 Ναυτιλιακές και λοιπές εκδόσεις σχετικές με το σύστημα DECCA.**

Λεπτομέρειες σχετικές με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των υφισταμένων αλυσίδων DECCA (ακριβείς θέσεις των σταθμών, συχνότητες εκπομπής κλπ.) περιέχονται στην έκδοση του Βρετανικού Ναυαρχείου «Admiralty List of Radio Signals Vol 2, Radio Navigational Aids Electronic Position Finding Systems and Radio Time Signals».

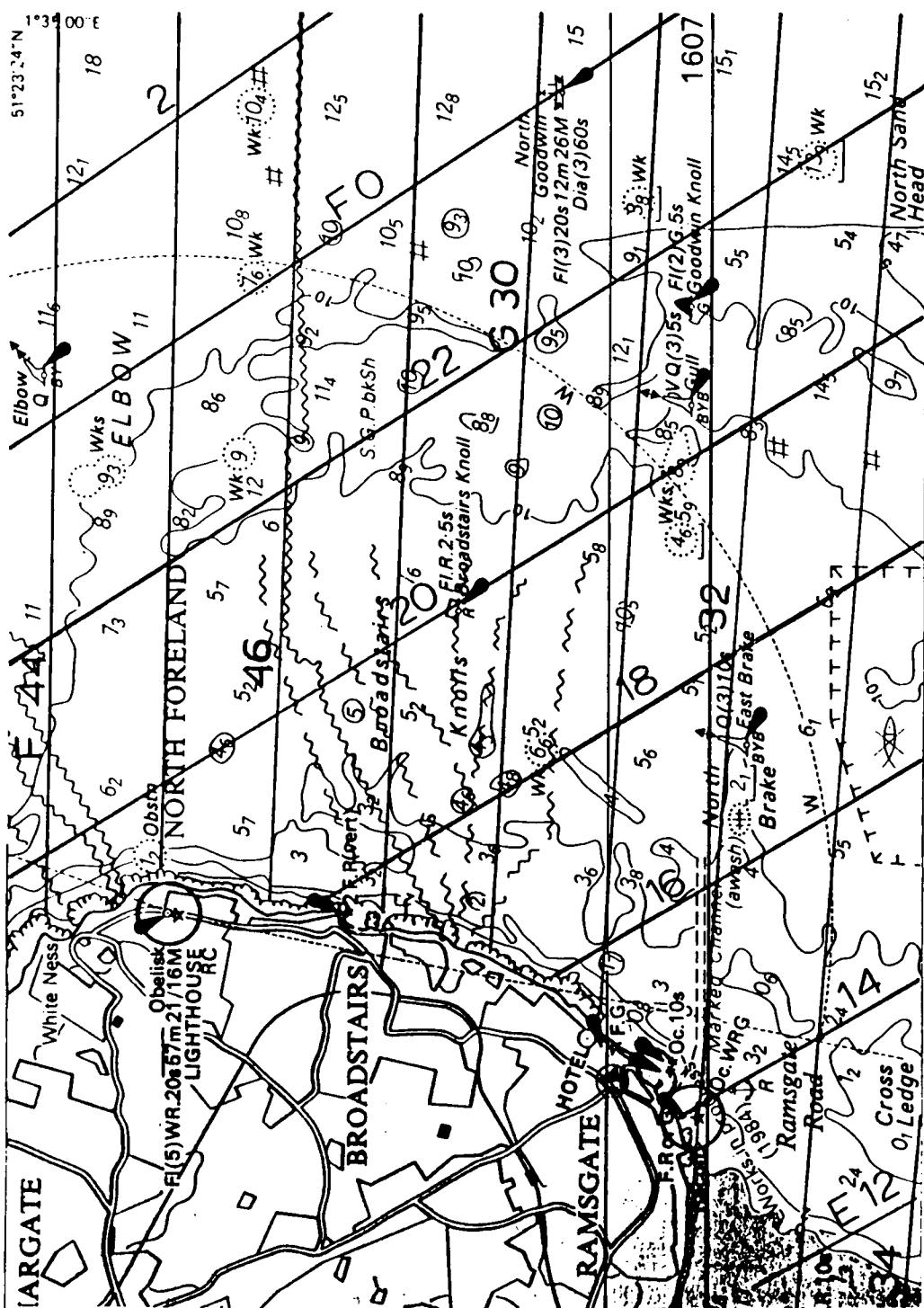
Επίσης στην έκδοση «The DECCA Navigator Operation Instructions and Marine Data Sheets», που αρχικά εκδόθηκε από την εταιρία DECCA και στη συνέχεια από άλλες εταιρίες, περιέχονται όλες οι απαραίτητες για τη χρησιμοποίηση του συστήματος πληροφορίες, χαρακτηριστικά των υφισταμένων αλυσίδων, καθώς και διάφορα διαγράμματα ακρίβειας.

### **6.4 Ακρίβεια και σφάλματα του συστήματος DECCA.**

Αυτά εξαρτώνται από τους γενικούς παράγοντες, από τους οποίους εξαρτάται η ακρίβεια των υπερβολικών συστημάτων καθορισμού στίγματος. Οι κυριότεροι από τους παράγοντες αυτούς είναι:

- Γεωμετρία του στίγματος.
- Ανάμιξη ουρανίων κυμάτων με κύματα εδάφους.
- Διαφορές στην ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

Λαμβάνοντας υπ' όψη, ότι η μέτρηση της διαφορας φασεως σε ένα δέκτη μπορεί να γίνει με ακρίβεια 3°-5°, δηλαδή ενός εκατοστού του κύκλου, που αντιστοιχεί σε ένα εκατοστό του διαύλου, και ότι τα εύρη διαύλου επάνω στη γραμμή θάσεως του συστήματος DECCA είναι της τάξεως των 300-500 m, προκύπτει ότι το DECCA είναι σύστημα με πολύ μεγάλη ακρίβεια.

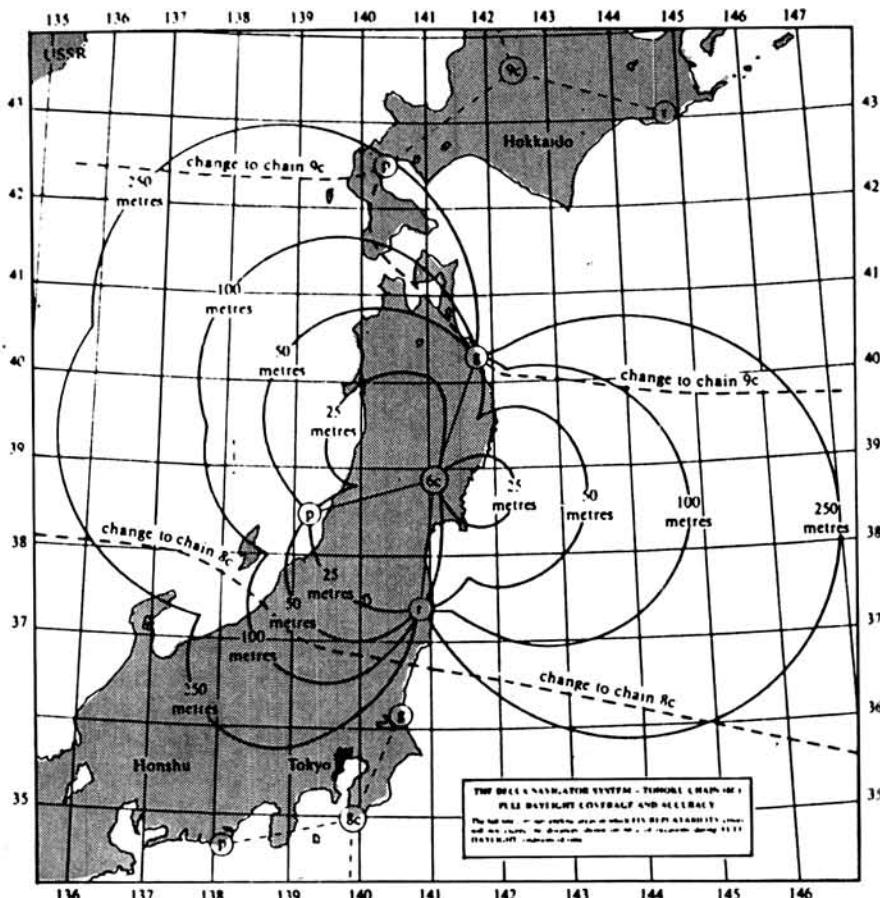


Σχ. 6.3.

Η ακρίβεια του συστήματος DECCA κυμαίνεται από μερικές δεκάδες μέτρα (25-40 m), κατά τη διάρκεια της ημέρας σε περιοχές με καλή γεωμετρία στύγματος, μέχρι μερικά ναυτικά μίλια, κατά τη διάρκεια της νύχτας με ανάμιξη ουρανίων κυμάτων με κύματα εδάφους, στα όρια των περιοχών καλύψεως της αλυσίδας.

#### 6.4.1 Επίδραση της γεωμετρίας του στύγματος.

Η επίδραση της γεωμετρίας στην ακρίβεια του στύγματος των υπερβολικών συστημάτων έχει αναλυθεί στην § 3.5.1 και απεικονίζεται στα διαγράμματα ακρίβειας του σχήματος 3.5γ. Ειδικά για το σύστημα DECCA έχουν συνταχθεί από την ομώνυμη εταιρία, η οποία σήμερα έχει απορροφηθεί από την επίσης Αγγλική εταιρία Racal, διαγράμματα ακρίβειας ορισμένων αλυσίδων, όπως η αλυσίδα Tohoku της Ιαπωνίας (σχ. 6.4α). Τα διαγράμματα αυτά περιέχονται



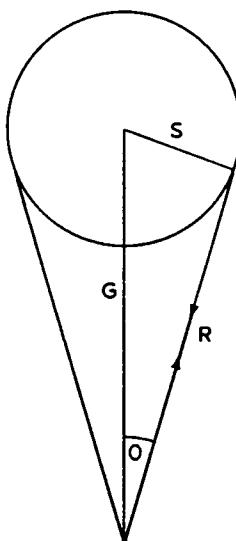
Σχ. 6.4α.

Διάγραμμα (γεωμετρικής) ακρίβειας συστήματος DECCA για την αλυσίδα Tohoku της Ιαπωνίας.

στην έκδοση «The DECCA Navigator Operating Instructions and Marine Data Sheets».

#### **6.4.2 Επίδραση της αναμίξεως ουρανίων κυμάτων με κύματα εδάφους.**

Όταν στο δέκτη DECCA λαμβάνονται ταυτόχρονα κύματα εδάφους και ουράνια κύματα, δημιουργούνται σημαντικά σφάλματα στη μέτρηση της διαφοράς φάσεως, γιατί ο δέκτης δεν ξεχωρίζει τα δυο σήματα (εδάφους και ουράνιο), αλλά μετρά τη φάση του σήματος που αποτελεί τη συνισταμένη των δυο λαμβανομένων σημάτων (σχ. 6.48).



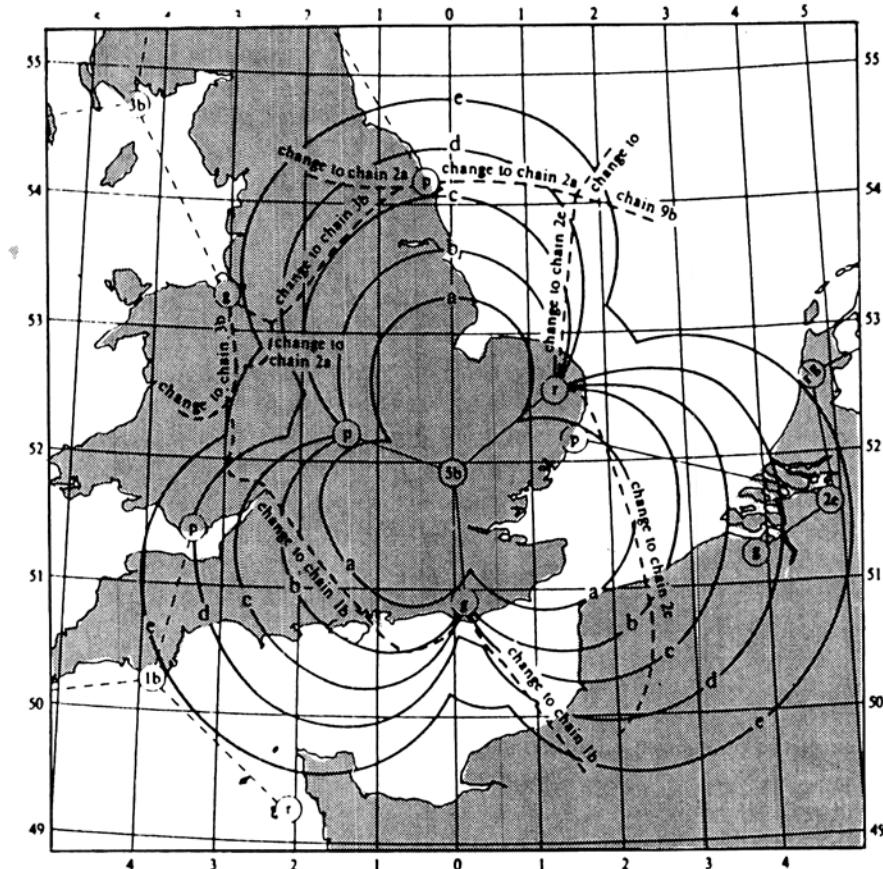
**Σχ. 6.48.**

Επίδραση της αναμίξεως ουράνιου κύματος και κύματος εδάφους στη μέτρηση διαφοράς φάσεως.

Τα σφάλματα του συστήματος DECCA, που οφείλονται στη ανάμιξη ουρανίων κυμάτων με κύματα εδάφους, παρατηρούνται τόσο κατά τη διάρκεια της νύχτας όσο και κατά τη διάρκεια της ημέρας μια και πρόκειται για διάδοση κυμάτων LF. Εν τούτοις, η ανάμιξη αυτή είναι εντονότερη τη νύχτα, στη διάρκεια της οποίας παρατηρείται σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 175 περίπου ν.μ. από τους σταθμούς, αντίθετα με την ημέρα, που παρατηρείται σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 350 περίπου ν.μ. από τους σταθμούς.

Προκειμένου να εκτιμηθεί η ακρίβεια του στίγματος DECCA κατά τη διάρκεια της ημέρας ή της νύχτας, λόγω της αναμίξεως ουρανίων κυμάτων με κύματα εδάφους, η εταιρία DECCA έχει συντάξει, σύμφωνα με πολλές στατιστικές παρατηρήσεις, διάφορα διαγράμματα και πίνακες για διάφορες αλυσίδες που περιέχονται στην έκδοση «The DECCA Navigator Operating Instructions and Marine Data Sheets».

Ένα διάγραμμα της παραπάνω κατηγορίας είναι αυτό του σχήματος 6.4γ που αναφέρεται στην αλυσίδα 5b (English Chain). Στο διάγραμμα αυτό οι καμπύλες a, b, c, d και e αντιστοιχούν σε διαφορετικές τιμές σφάλματος αθεβαιότητας 95%, ανάλογα με την ώρα της ημέρας και την εποχή. Οι κατά περίπτωση τιμές των καμπυλών ακρίβειας a, b, c, d και e του σχήματος 6.4γ προσδιορί-



Σχ. 6.4γ.

Διάγραμμα εκτιμήσεως ακρίβειας στίγματος DECCA λόγω επιδράσεως γεωμετρίας και αναμίξεως ουρανίων κυμάτων με κύματα εδάφους.

Ζονται από τον πίνακα και το διάγραμμα του σχήματος 6.4δ.

#### 6.4.3 Επίδραση της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων.

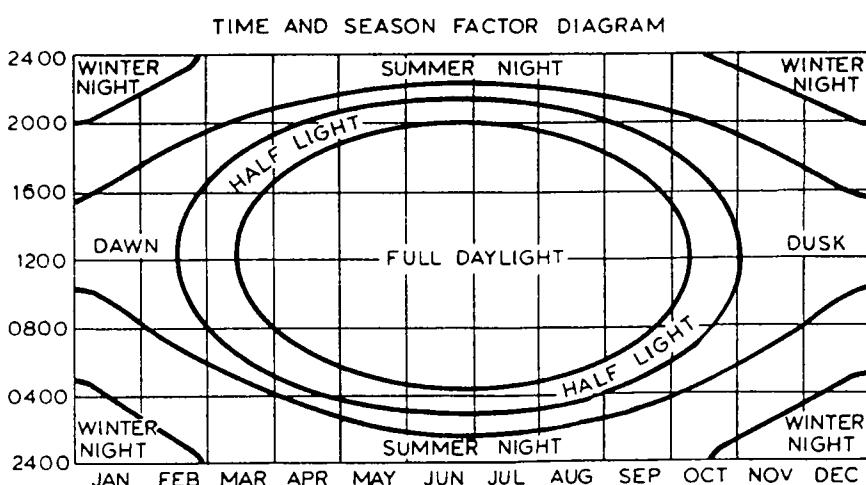
Μια άλλη πηγή σφάλματος του συστήματος DECCA είναι η διαφορά της τιμής της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, που χρησι- υποικήθηκαν για τον υπολογισμό και τη χάραξη της θέσεως των υπερθολικών

γραμμών θέσεως επάνω στους χάρτες DECCA: Η εταιρία DECCA έχει εκδόσει διάφορα διαγράμματα διορθώσεως, όπως αυτό του σχήματος 6.4ε για την αλυσίδα 5 b (English Chain).

Στο διάγραμμα του σχήματος 6.4ε απεικονίζονται τα σφάλματα του συστήματος DECCA, που οφείλονται στην τιμή της ταχύτητας διαδόσεως των ραδιοκυμάτων, με τη μορφή διορθώσεων της διαφοράς φάσεως σε εκατοστά του διαύλου. Οι τιμές που περικλείονται μέσα σε κύκλο αντιπροσωπεύουν αφαιρετικές διορθώσεις, ενώ οι υπόλοιπες τιμές, εκτός κύκλου, αναφέρονται σε προσθετικές διορθώσεις.

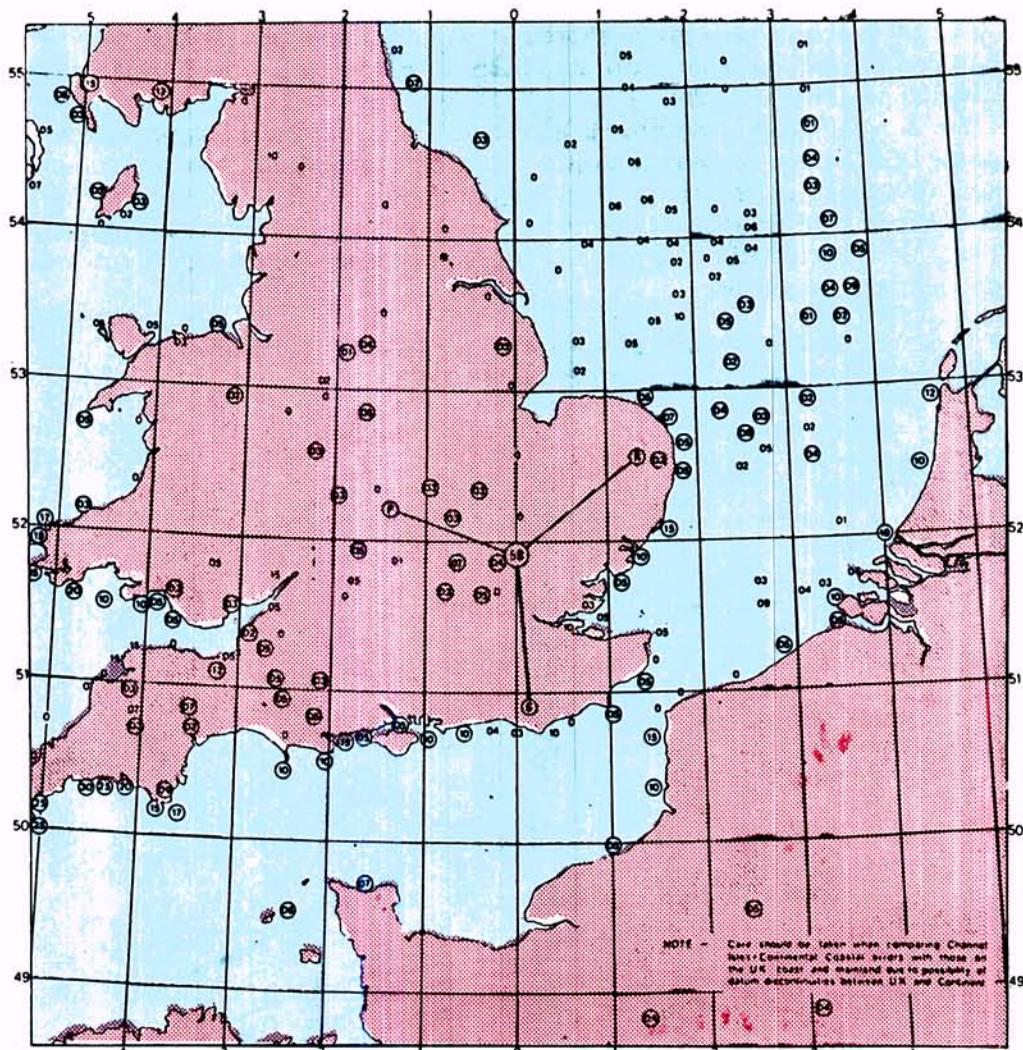
**RANDOM FIXING ERRORS AT SEA LEVEL IN NAUTICAL MILES  
68% PROBABILITY LEVEL**

DECCA PERIOD See Time and Sea- son Factor Diagrams Below	CONTOUR				
	a	b	c	d	e
HALF LIGHT	>0-10	>0-10	>0-10	0-13	0-25
DAWN/BUSK	>0-10	>0-10	0-13	0-25	0-50
SUMMER NIGHT	>0-10	0-13	0-25	0-50	1-00
WINTER NIGHT	0-10	0-18	0-37	0-75	1-50



Σχ. 6.4δ.

Πίνακας και διάγραμμα «ώρας-εποχής» για την εκτίμηση της ακρίβειας του συστήματος DECCA.



Σχ. 6.4ε.

Χάρτης σφαλμάτων πρασίνων υπερβολικών γραμμών θέσεως της αλυσίδας 5d (English Chain) που οφείλονται στην ταχύτητα διαδόσεως των ραδιοκυμάτων.

### 6.5 Γενικά χαρακτηριστικά και τρόπος χρήσεως δεκτών DECCA.

Το σύστημα DECCA αποτελεί το παλαιότερο υπερβολικό σύστημα καθορισμού στίγματος, που χρησιμοποιήθηκε για μη πολεμικούς σκοπούς από το 1946. Οι δέκτες του συστήματος αυτού, μέχρι πριν λίγα χρόνια, κατασκευάζονταν αποκλειστικά από την Αγγλική εταιρία DECCA, ενώ σήμερα το σύστημα έχει αποδεσμευθεί από τα δικαιώματα οποιαδήποτε εταιρίας και οι σχετικοί

δέκτες κατασκευάζονται από αρκετές εταιρίες κατασκευής ηλεκτρονικών ναυτικών οργάνων.

Οι γενικές αρχές λειτουργίας ενός δέκτη DECCA (σύγκριση φάσεως και αναγνώριση διαύλου) περιγράφηκαν ήδη στις § 6.2.2 και 6.2.4 αντίστοιχα.

### **6.5.1 Κατηγορίες δέκτων DECCA.**

Οι δέκτες DECCA που υπάρχουν σήμερα (1990) στα διάφορα εμπορικά πλοία ανήκουν σε μια από τις δυο επόμενες κατηγορίες:

a) **Σύγχρονοι δέκτες**, που κατασκευάζονται από διάφορες εταιρίες (συμπεριλαμβανόμενης και της εταιρίας Racal), διαθέτουν ενσωματωμένο μικροϋπολογιστή με του οποίου τη βοήθεια παρέχουν εκτός από τις δυνατότητες των παραδοσιακών δέκτων και τη δυνατότητα εκτελέσεως ταχυτάτων υπολογισμών και απεικονίσεως στο ψηφιακό ενδείκτη του δέκτη (σχ. 6.5a) των επομένων στοιχείων:

- Γεωγραφικές συντεταγμένες ( $\phi$ ,  $\lambda$ ) του στίγματος.
- Πραγματική πορεία και ταχύτητα του σκάφους.
- Απόσταση και διόπτευση προς προκαθορισμένα σημεία.
- Πορεία που πρέπει να ακολουθηθεί για την πλεύση σε κάποιο σημείο προορισμού.
- Απόσταση και χρόνο που απαιτείται (ή απαιτήθηκε) για την πλεύση σε (ή από) κάποιο προκαθορισμένο σημείο.

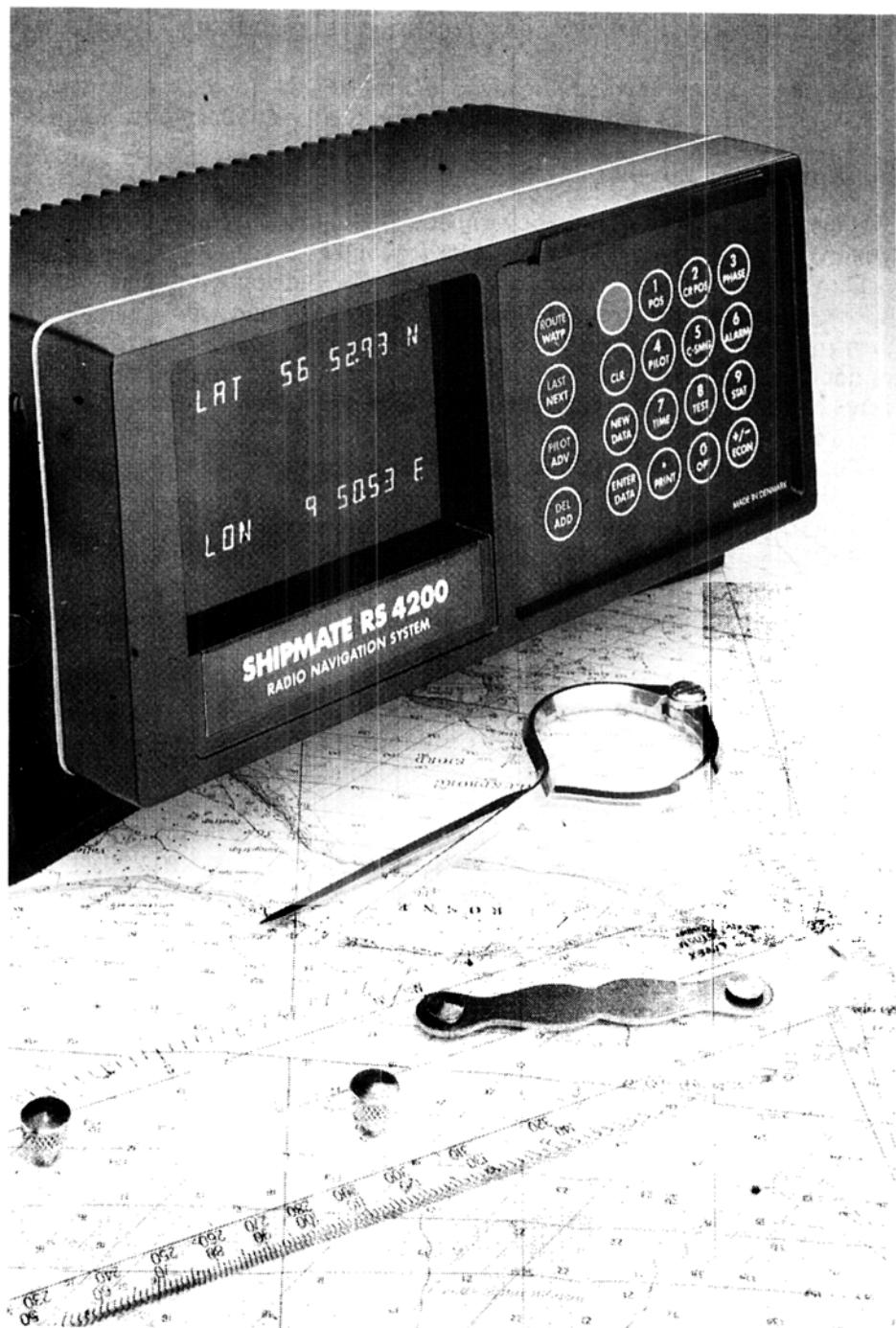
b) **Παραδοσιακοί δέκτες** (κατασκευής των αγγλικών εταιριών DECCA/Racal) από τους οποίους λαμβάνονται μόνο στοιχεία των υπερθολικών γραμμών θέσεως (χαρακτηριστικό ζώνης, χρώμα σταθμού, αριθμός διαύλου, εκατοστό του διαύλου) από τους αντίστοιχους ενδείκτες που λέγονται ντεκόμετρα και έχουν τη μορφή ρολογιών (σχ. 6.5b).

Τόσο οι παραδοσιακοί, όσο και οι σύγχρονοι δέκτες DECCA, έχουν τη δυνατότητα συνδέσεως με διάφορες περιφερειακές μονάδες, για τη γραφική υποτύπωση τόσο του στίγματος, όσο και της ακολουθούμενης από το πλοίο πορείας.

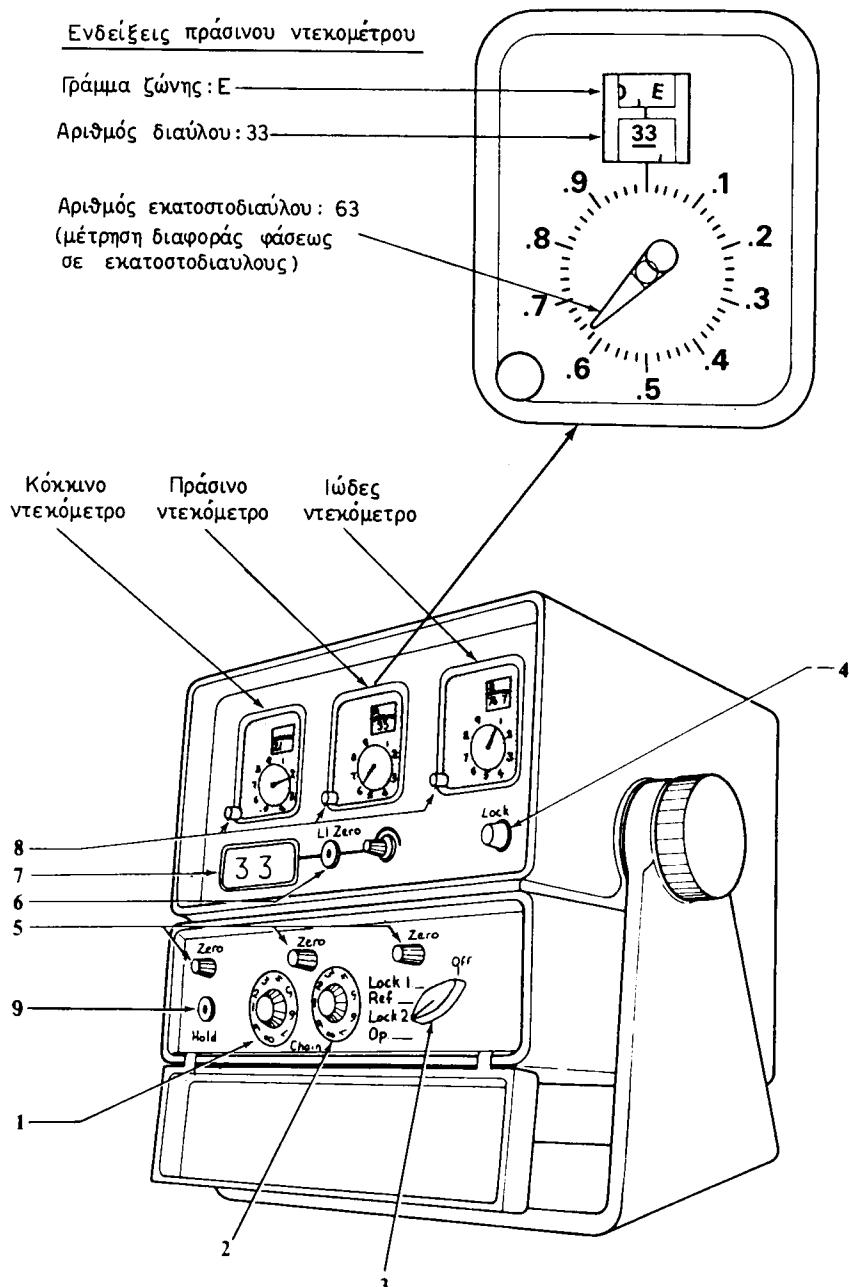
Ο κλασικός μηχανικός πορειογράφος DECCA (σχ. 6.5γ) χρησιμοποιείται με τους διάφορους παραδοσιακούς δέκτες τουλάχιστον από το έτος 1960, ενώ οι σύγχρονοι δέκτες DECCA (όπως και οι δέκτες των άλλων συστημάτων καθορισμού στίγματος) έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται με ηλεκτρονικούς πορειογράφους και άλλες περιφερειακές μονάδες (κεφ. 10).

### **6.5.2 Τρόπος χρησιμοποίησεως ενός δέκτη DECCA.**

Για τον ακριβή τρόπο χρησιμοποιήσεως ενός δέκτη DECCA, είτε αυτός είναι παραδοσιακός είτε σύγχρονος, ο ναυτιλλόμενος πρέπει απαραίτητα να μελετήσει τις λεπτομερείς οδηγίες του εγχειριδίου χρήσεως της συσκευής. Εν τούτοις, οι χειρισμοί που απαιτούνται για τη χρησιμοποίηση μιας συσκευής DECCA είναι σε γενικές γραμμές κοινοί για όλους τους δέκτες. Για το λόγο αυτό στη συνέχεια παρουσιάζεται περιληπτικά ο τρόπος χρήσεως του παραδοσιακού δέκτη DECCA MK 21 (σχ. 6.5b).

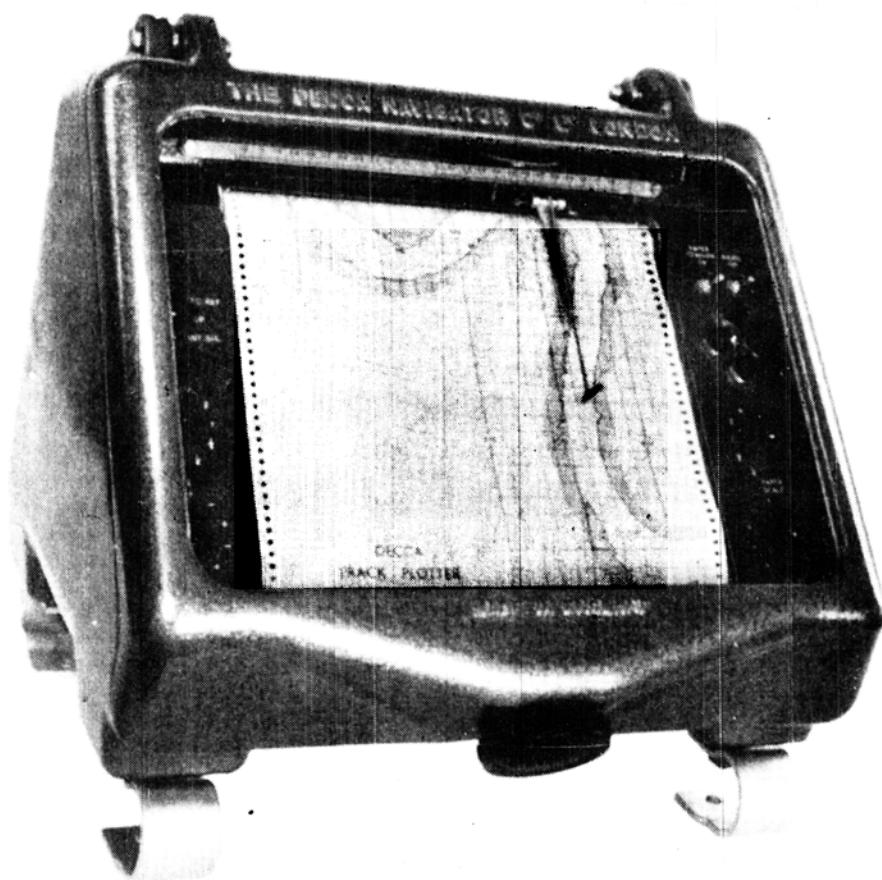


**Σχ. 6.5α.**  
Σύγχρονος αυτόματος δέκτης DECCA



Σχ. 6.58.  
Παραδοσιακός δέκτης DECCA MK 21.

Ένα κοινό χαρακτηριστικό των παραδοσιακών δεκτών DECCA είναι ότι οι ενδείξεις των μετρουμένων διαφορών φάσεως παρουσιάζονται ταυτόχρονα σε τρεις ενδείξεις, που λέγονται ντεκόμετρα (σχ. 6.5a) και χαρακτηρίζονται με τα χρώματα πράσινο, κόκκινο και ιώδες. Κάθε ένα από τα τρία ντεκόμετρα μετρά τη διαφορά φάσεως μεταξύ των σημάτων κύριου και αντίστοιχου δευτερεύοντος σταθμού σε πράσινους, κόκκινους και ιώδεις εκατοστοδιαύλους (ο αριθ-



**Σχ. 6.5γ.**  
Κλασικός πορειογράφος DECCA.

Στον πορειογράφο αυτό οι υπερβολικές γραμμές θέσεως DECCA εμφανίζονται ως ευθείες παράλληλες προς δυο κάθετες διευθύνσεις, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μικρή παραμόφωση των χαρτογραφικών χαρακτηριστικών (διαδρομών πλοίου, ακτογραμμής) λόγω των οποίων μια γραμμή που στο ναυτικό χάρτη είναι ευθεία στον πορειογράφο αυτό χαράσσεται καμπύλη.

Σήμερα, αντί του πορειογράφου αυτού χρησιμοποιούνται ηλεκτρονικοί ή ηλεκτρομηχανικοί πορειογράφοι, όπως αυτοί των σχημάτων 10.3a και 10.3b, οι οποίοι συνδέονται με οποιοδήποτε σύστημα καθορισμού στίγματος.

μός αυτός των εκατοστοδιαύλων μετράται με τον περιστρεφόμενο ενδείκτη στην κυκλική κλίμακα). Σε κάθε ντεκόμετρο παρέχονται επίσης ενδείξεις του χαρακτηριστικού γράμματος και αριθμού της αντίστοιχης ζώνης (σχ. 6.58).

Ο ναυτιλλόμενος, για τη σωστή χρήση του δέκτη DECCA, πρέπει να μελετήσει τις οδηγίες του εγχειρίδιου χρήσεως σχετικά με τις επόμενες διαδικασίες:

- a) Αρχική ρύθμιση της συσκευής.
- b) Κανονική λειτουργία της συσκευής.
- c) Άλλαγή αλυσίδας σταθμών DECCA.
- d) Καθορισμός στίγματος με χρησιμοποίηση σταθμών διαφορετικών αλυσίδων.

#### **a) Αρχική ρύθμιση της συσκευής.**

Η διαδικασία αυτή γίνεται, όταν πρόκειται να τεθεί σε λειτουργία η συσκευή, και περιλαμβάνει:

1) Την επιλογή της αλυσίδας των σταθμών, η οποία για το δέκτη MK 21 (σχ. 6.5a) γίνεται με τους διακόπτες 1 και 2 και στη συνέχεια τοποθέτηση του επιλογέα λειτουργίας (διακόπτης 3) στη θέση Lock 1 μέχρις ότου ανάψει η ενδεικτική λυχνία 4 (Lock), η οποία επιβεβαιώνει ότι ολοκληρώθηκε ο συσχετισμός της φάσεως των λαμβανομένων σημάτων με τα σήματα που παράγονται στον τοπικό ταλαντωθή του δέκτη.

2) Τον μηδενισμό των ενδείξεων των εκατοστοδιαύλων των τριών ντεκομέτρων. Η ενέργεια αυτή γίνεται με τοποθέτηση του επιλογέα λειτουργίας (διακόπτη 3) στη θέση Ref, οπότε οι ενδείξεις των εκατοστοδιαύλων των τριών ντεκομέτρων μηδενίζονται αυτόματα ή, αν απαιτηθεί, και με τη χρησιμοποίηση των διακοπτών μηδενισμού των ντεκομέτρων (διακόπτες 5).

3) Την ενεργοποίηση των ντεκομέτρων, η οποία γίνεται με τοποθέτηση του επιλογέα λειτουργίας (διακόπτης 3) στη θέση Lock 2 μέχρις ότου ανάψει η ενδεικτική λυχνία 4 (Lock), οπότε ο επιλογέας λειτουργίας τοποθετείται στη θέση Op και τα ντεκόμετρα δείχνουν τις μετρούμενες διαφορές φάσεως (αριθμούς εκατοστοδιαύλων).

4) Τον μηδενισμό των τριών αριθμών ζώνης. Οι τρεις αυτοί αριθμοί, που εκτός από τα τρία ντεκόμετρα, στο δέκτη MK 21 (σχ. 6.5b) εμφανίζονται εναλλάξ και στον ψηφιακό ενδείκτη 7, κατά την αρχική λειτουργία της συσκευής έχουν τυχαίες τιμές και για το λόγο αυτό μηδενίζονται με πίεση του διακόπτη μηδενισμού αριθμών ζώνης (διακόπτης 6).

5) Την καταχώριση των σωστών ενδείξεων αριθμών ζώνης. Μετά το μηδενισμό των αριθμών ζώνης πρέπει να τοποθετήσει τους σωστούς αριθμούς που αντιστοιχούν στο στίγμα του με τη βοήθεια των αντιστοίχων διακοπτών των τριών ντεκομέτρων (διακόπτες 8, σχ. 6.5b).

Η καταχώριση των σωστών αριθμών ζώνης γίνεται με βάση το κατ' εκτίμηση στίγμα του πλοίου κατά την ενεργοποίηση της συσκευής και ανάγνωση των αντιστοίχων τιμών από το χάρτη DECCA της περιοχής. Όταν κατά την ενεργοποίηση της συσκευής το πλοίο βρίσκεται σε κάποιο λιμάνι, οι αριθμοί αυτοί προσδιορίζονται χωρίς καμία αθεβαίότητα, λόγω της ακρίβειας του στίγματος. Όταν όμως η ενεργοποίηση της συσκευής γίνεται κατά την προσέγγιση του πλοίου σε παράκτιες περιοχές (προερχόμενο από ωκεάνιες) οι αριθμοί των

αριθμών ζώνης προσδιορίζονται μεν με βάση το στíγμα αναμετρήσεως αλλά πρέπει να ελέγχονται και με τις ενδείξεις του ενδείκτη των αριθμών διαύλων (ενδείκτης 7, σχ. 6.5b).

Στην περίπτωση των συγχρόνων αυτομάτων δεκτών OMEGA, για τον προσδιορισμό του αριθμού των διαύλων που αντιστοιχεί στο στíγμα αναμετρήσεως, δεν απαιτείται η τοποθέτηση του στíγματος αυτού στο χάρτη DECCA, γιατί οι αριθμοί αυτοί υπολογίζονται από τον ενσωματωμένο στο δέκτη μικροϋπολογιστή και εμφανίζονται στο ψηφιακό του ενδείκτη (σχ. 6.5a).

### **8) Κανονική λειτουργία της συσκευής (έλεγχος ολισθήσεως διαύλων).**

Μετά την αρχική ρύθμιση της συσκευής DECCA, η κανονική λειτουργία της είναι απλή και εύκολη, πλην όμως θα πρέπει σε κάθε ευκαιρία να ελέγχεται η ορθότητα των ενδείξεων των αριθμών των διαύλων, γιατί ενδέχεται οι ενδείξεις αυτές από ορισμένο χρόνο να είναι λανθασμένες, φαινόμενο που λέγεται ολίσθηση διαύλου (lane slip).

#### **γ) Άλλαγή αλυσίδας σταθμών DECCA.**

Η αλλαγή αλυσίδας σταθμών DECCA, κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της συσκευής εν πλω στο δέκτη MK 21, γίνεται με τις επόμενες ενέργειες:

1) Τοποθετούνται τα χαρακτηριστικά της νέας αλυσίδας με τη βοήθεια των διακοπών 1 και 2 και, όταν ο δέκτης αρχίσει να λαμβάνει τα σήματα των σταθμών της νέας αλυσίδας, ανάθει η ενδεικτική λυχνία Lock (λυχνία 4).

2) Όταν σταθεροποιηθεί η ένδειξη της λυχνίας Lock, τοποθετείται ο επιλογέας λειτουργίας (διακόπτης 3) στη θέση Ref μέχρις ότου μηδενισθούν οι ενδείξεις των ντεκομέτρων (με πιθανή χρησιμοποίηση και των τριών διακοπών μηδενισμού των ντεκομέτρων (διακόπτες 5).

3) Ενεργοποίηση των ντεκομέτρων με τοποθέτηση του επιλογέα λειτουργίας στη θέση Lock μέχρις ότου ανάψει η ενδεικτική λυχνία 4 (Lock), οπότε ο επιλογέας λειτουργίας τοποθετείται στη θέση Or και τα ντεκόμετρα δείχνουν τις μετρούμενες διαφορές φάσεως σε εκατοστοδιαύλους.

4) Μηδενισμός των παλιών αριθμών διαύλων και καταχώριση των νέων.

Οι ενέργειες αυτές γίνονται όπως και στην αρχική ρύθμιση της συσκευής με τους διακόπτες 6 και 8 αντιστοίχως.

#### **δ) Καθορισμός στíγματος με μετρήσεις από σταθμούς διαφορετικών αλυσίδων.**

Ορισμένες φορές, για την επίτευξη καλύτερης γεωμετρίας στíγματος, ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν υπερβολικές γραμμές θέσεως DECCA, που δεν ανήκουν στην ίδια αλυσίδα, αλλά σε δυο γειτονικές (σχ. 6.5d). Στην περίπτωση αυτή οι μετρήσεις από τη δεύτερη αλυσίδα λαμβάνονται από τον ενδείκτη αριθμών ζώνης (ενδείκτης 7, σχ. 6.5a), ως εξής:

1) Λαμβάνονται οι ενδείξεις των ντεκομέτρων και των αριθμών διαύλων της πρώτης αλυσίδας.

2) Πιέζεται συνεχώς ο διακόπτης Hold (διακόπτης 9, σχ. 6.5b) μέχρις ότου γίνουν οι επόμενες ενέργειες:

3) Επιλέγεται η δεύτερη αλυσίδα με διακόπτες 1 και 2 και τον επιλογέα

λειτουργίας στη θέση Lock 1, μέχρις ότου αναθοσθήσει και στη συνέχεια σταθεροποιηθεί η ένδειξη της λυχνίας Lock (λυχνία 4).

4) Με τον επιλογέα λειτουργίας στη θέση Opr πιέζεται και αφήνεται ο διακόπτης μηδενισμού αριθμών διαύλων (διακόπτης 6).

5) Ελέγχονται οι διαδοχικές ενδείξεις του ενδείκτη αριθμών διαύλου (ενδείκτη 7) και αν είναι λανθασμένες επαναμηδενίζονται με το διακόπτη 6.

6) Λαμβάνονται οι διαδοχικές ενδείξεις των αριθμών διαύλων.

7) Καταχωρίζονται και πάλι τα στοιχεία της πρώτης αλυσίδας με τους διακόπτες 1 και 2 και επιλογέα λειτουργίας στη θέση Lock 1 ή Lock 2, μέχρις ότου ανάψει και σταθεροποιηθεί η φωτεινή ένδειξη της λυχνίας Lock (λυχνία 4).

8) Τοποθετείται ο επιλογέας λειτουργίας στη θέση Opr και, όταν σταθεροποιηθεί η φωτεινή ένδειξη της λυχνίας Lock, πιέζεται και αφήνεται ο διακόπτης μηδενισμού αριθμών διαύλου (διακόπτης 6).

9) Λαμβάνονται οι διαδοχικές ενδείξεις των αριθμών διαύλων (στον ενδείκτη 7) και, αφού ελεγχθούν, ελευθερώνεται ο διακόπτης Hold (διακόπτης 9) ο οποίος παραμένει ενεργοποιημένος.

10) Αν απαιτηθεί επαναλαμβάνεται η παραπάνω διαδικασία.

---

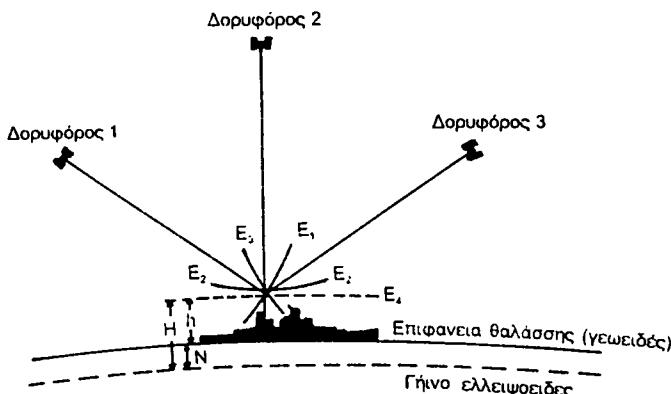
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

### ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ GPS "GLOBAL POSITIONING SYSTEM"

#### 7.1 Γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος GPS.

Το δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσεως GPS (Global Positioning System), αποτελεί την τελευταία εξέλιξη των συστημάτων προσδιορισμού θέσεως με πολλαπλάσιες δυνατότητες από τα προγενέστερα συστήματα όπως το NAVSAT/TRANSIT.

Στο σύστημα GPS, η θέση του σκάφους προσδιορίζεται στην τομή τριών σφαιρικών επιφανειών με κέντρα τις γνωστές θέσεις ισαρθμών δορυφόρων και ακτίνες τις μετρηθείσες αποστάσεις του δέκτη από τους δορυφόρους αυτούς (σχ. 7.1α).



Το στίγμα προκύπτει από την τομή των επομένων επιφανειών θέσεων :

- 1) Της σφαιρικής επιφάνειας  $E_1$ , η οποία έχει κέντρο τη θέση του δορυφόρου 1 και ακτίνα την απόσταση της κεραίας του δέκτη από το δορυφόρο αυτό.
- 2) Της σφαιρικής επιφάνειας  $E_2$ , η οποία έχει κέντρο τη θέση του δορυφόρου 2 και ακτίνα την απόσταση της κεραίας του δέκτη από το δορυφόρο αυτό.
- 3) Της σφαιρικής επιφάνειας  $E_3$ , η οποία έχει κέντρο τη θέση του δορυφόρου 3 και ακτίνα την απόσταση της κεραίας του δέκτη από το δορυφόρο αυτό.

Όταν πρόκειται για στίγμα πλοίου επιφανείας σαν τρίτη επιφάνεια θέσεως είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί η σφαιρική επιφάνεια  $E_4$  η οποία έχει κέντρο το κέντρο της γης και ακτίνα ίση με την ακτίνα της γης στο στίγμα αναμετρήσεως συν το ύψος της κεραίας του δέκτη επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Σχ. 7.1α.  
Αρχή λειτουργίας του συστήματος GPS.

Το σύστημα NAVSTAR/GPS, έχει τη δυνατότητα να δίνει επί συνεχούς βάσεως και για οποιαδήποτε περιοχή της γης:

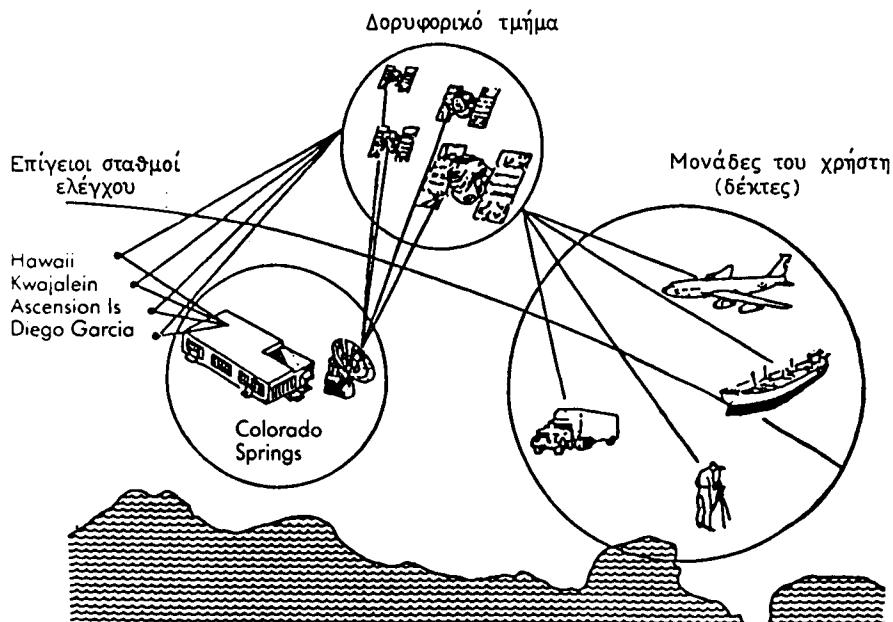
- Στίγμα μεγάλης ακριβείας σε τρεις διαστάσεις (πλάτος, μήκος και ύψος επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας).
- Ακριβή παγκόσμιο χρόνο UTC (Universal Time, Coordinated).
- Στοιχεία ταχύτητας του σκάφους.

Το σύστημα GPS καλύπτει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως ακριβή προσδιορισμό στίγματος πλοίων, αεροσκαφών, επιγείων οχημάτων (αυτοκίνητων, τρένων κλπ) και γενικότερα ακριβή προσδιορισμό της θέσεως οποιουδήποτε σημείου (σχ. 7.1γ).

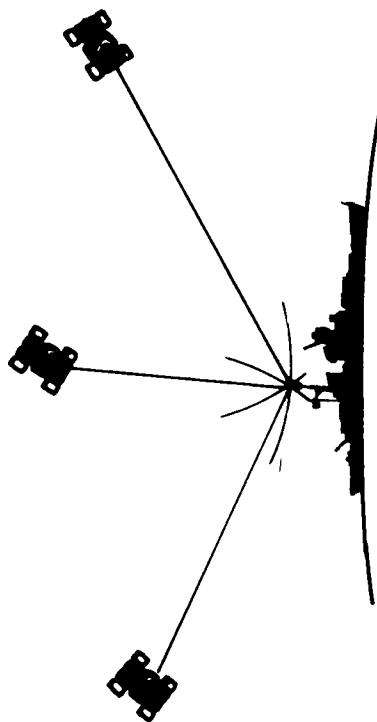
Το σύστημα GPS σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε ως ένα κατ' εξοχή στρατιωτικό σύστημα με ακρίβεια θέσεως 10 μέτρων. Εν τούτοις το σύστημα διατίθεται και για ελεύθερη χρήση τόσο για ναυτιλιακές όσο και για άλλες εφαρμογές με μειωμένη κατ' αρχήν ακρίβεια στίγματος της τάξεως των 100 μέτρων η οποία όμως είναι δυνατόν να βελτιωθεί σημαντικά με τη χρησιμοποίηση διαφορικού επίγειου σταθμού.

Τα τμήματα του συστήματος GPS (σχ. 7.1β), είναι τα εξής:

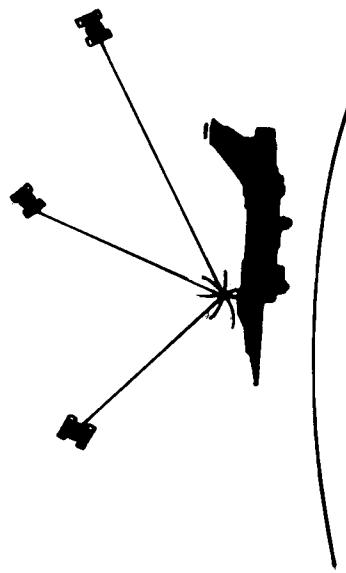
- Δορυφορικό τμήμα (βλ. § 7.2).
- Επίγειοι σταθμοί ελέγχου (βλ. § 7.4).
- Μονάδες του χρήστη δέκτες (βλ. § 7.6).



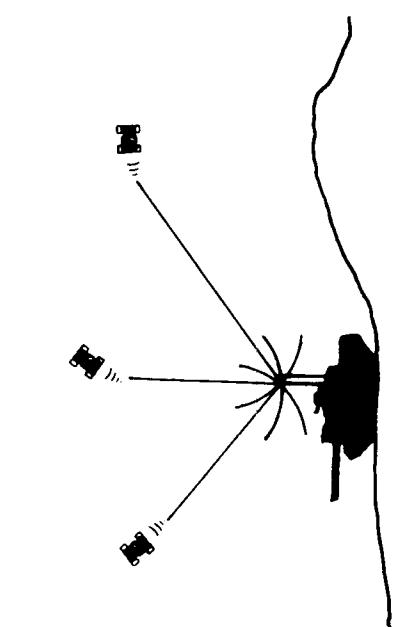
Σχ. 7.1β.  
Τμήματα του συστήματος GPS.



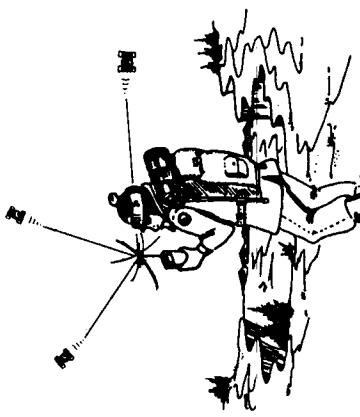
α. Προσδιορισμός στήληματος πλοίων



β. Προσδιορισμός θέσεως αεροσκαφών



γ. Προσδιορισμός θέσεως οχημάτων έπειτα



δ. Προσδιορισμός θέσεως πεζοπόρων π.χ. ειδικών δυνάμεων, καταδρομών κλπ.

**ΣΧ. 7.1γ.**  
Εφαρμογές του συστήματος GPS.

## 7.2 Δορυφορικό τμήμα συστήματος GPS.

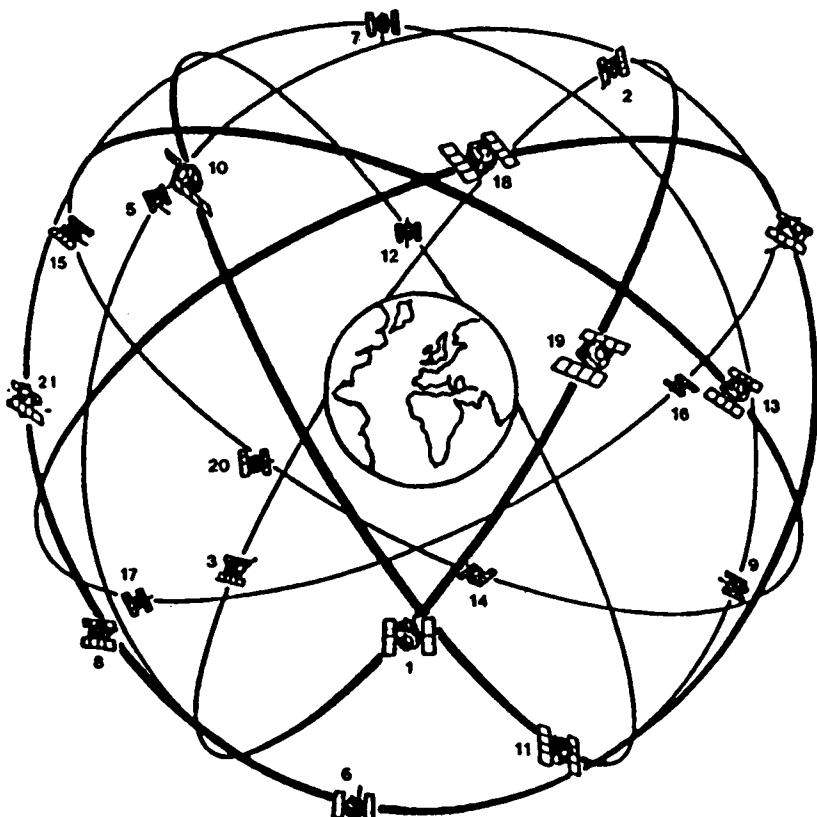
### 7.2.1 Γενικά χαρακτηριστικά δορυφόρων GPS.

Το σύστημα GPS λειτουργεί με 24 δορυφόρους οι οποίοι περιστρέφονται σε ύψος 20.200 km, με περίοδο 12 ωρών, σε 6 τροχιακά επίπεδα τα οποία σχηματίζουν γωνία  $55^{\circ}$  με το επίπεδο του Ισημερινού το οποίο τέμνουν σε σημεία των οποίων η ορθή αναφορά διαφέρει κατά  $60^{\circ}$  (σχ. 7.2).

Οι τροχιές των δορυφόρων έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να υπάρχει ομοιόμορφη παγκόσμια κάλυψη, γεγονός το οποίο σημαίνει ότι σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή 4 τουλάχιστον δορυφόροι είναι ορατοί από οποιοδήποτε σημείο της γης και παρέχουν πολύ καλή γεωμετρία στίγματος.

Οι δορυφόροι του συστήματος GPS ανήκουν σε τρεις διαφορετικές γενιές γνωστές σαν Block I, Block II και Block III.

Οι δορυφόροι της πρώτης γενιάς (Block I) κατασκευάστηκαν και εκτοξεύθηκαν μέχρι το 1985.



**Σχ. 7.2.**  
Δορυφορικές τροχιές συστήματος GPS.

Οι δορυφόροι της δεύτερης γενιάς (Block II) οι οποίοι έχουν αντικαταστήσει τους δορυφόρους της πρώτης γενιάς. Ορισμένες βασικές λειτουργίες των δορυφόρων αυτών είναι οι εξής:

- Λαμβάνουν και αποθηκεύουν πληροφορίες, οι οποίες εκπέμπονται από τους επίγειους σταθμούς ελέγχου.
- Εκτελούν περιορισμένη επεξεργασία των ανωτέρω πληροφοριών με τη βοήθεια του μικροεπεξεργαστή τους.
- Διατηρούν ακριβή χρόνο του συστήματος GPS με τη βοήθεια των ατομικών τους χρονομέτρων.
- Εκπέμπουν διάφορες πληροφορίες προς τους χρήστες.
- Εκτελούν μικρομετακινήσεις στην τροχιά τους με τη βοήθεια κινητήρων οι οποίοι ελέγχονται από τους επίγειους σταθμούς ελέγχου για καλύτερο έλεγχο της τροχιάς τους.

Κατά τη δεκαετία του 1990, οι δορυφόροι της τρίτης γενιάς (Block III) αντικαθιστούν σταδιακά τους δορυφόρους Block I.

### **7.2.2 Χρονόμετρα δορυφόρων - Χρόνος συστήματος GPS.**

Επειδή ο προσδιορισμός του στίγματος GPS στηρίζεται στη μέτρηση του χρόνου διαδόσεως του δορυφορικού σήματος από το δορυφόρο ως το δέκτη, ώστε στη συνέχεια να προσδιοριστεί η αντίστοιχη απόσταση, η ακριβής μέτρηση του χρόνου είναι ύψιστης σημασίας [σφάλμα στη μέτρηση του χρόνου της τάξεως ενός νανοδευτερολέπτου (δισεκατομμυριοστού του δευτερολέπτου) δημιουργεί σφάλμα στην απόσταση [σο με 0,3 μέτρα].

Για το λόγο αυτό όλες οι λειτουργίες του συστήματος GPS στηρίζονται στο χρόνο του συστήματος GPS, ο οποίος διατηρείται με μια σειρά ατομικών χρονομέτρων ακριβείας του ναυτικού παρατηρητηρίου των ΗΠΑ (US Naval Observatory) και της Χαρτογραφικής Υπηρεσίας Άμυνας (Defense Mapping Agency).

Οι δορυφόροι του συστήματος GPS έχουν τα δικά τους ατομικά χρονόμετρα ακριβείας (ρουβιδίου και καισίου) τα οποία, με τη βοήθεια των επιγείων σταθμών ελέγχου, παραμένουν συγχρονισμένα στο χρόνο GPS.

Τα ατομικά χρονόμετρα ρουβιδίου παρουσιάζουν μεγαλύτερη σταθερότητα από τα αντίστοιχα καισίου για μετρήσεις μικρής διάρκειας (μικρότερης του ενός λεπτού), ενώ για μετρήσεις μεγαλύτερης διάρκειας καλύτερη σταθερότητα παρουσιάζουν τα ατομικά χρονόμετρα καισίου (πίνακας 7.2:1).

Οι δορυφόροι του συστήματος GPS διαθέτουν ατομικά χρονόμετρα και των δύο κατηγοριών (ρουβιδίου, καισίου) για ακριβείς μετρήσεις μικρής και μεγάλης χρονικής διάρκειας.

Η μεγάλη σταθερότητα των ατομικών χρονομέτρων γίνεται καλύτερα αντιληπτή με το υποθετικό παράδειγμα ενός χρονομέτρου καισίου το οποίο αν είχε τεθεί σε λειτουργία από τον Οδυσσέα την εποχή του Τρωϊκού πολέμου (περίπου 1200 π.Χ) σήμερα θα είχε σφάλμα ενός μόνο δευτερολέπτου.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2.1**  
**Χαρακτηριστικά ατομικών χρονομέτρων**

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	Κατηγορία ατομικού χρονομέτρου		
	Υδρογόνου	Καισίου	Ρουβιδίου
Σταθερότητα (1σ) σε ένα δευτερόλεπτο	$5 \times 10^{-13}$	$5 \times 10^{-11}$	$1 \times 10^{-11}$
ένα λεπτό	$6 \times 10^{-11}$	$6 \times 10^{-12}$	$2 \times 10^{-12}$
μια ώρα	$3 \times 10^{-14}$	$8 \times 10^{-13}$	$1 \times 10^{-12}$
μια ημέρα	$2 \times 10^{-14}$	$3 \times 10^{-13}$	$5 \times 10^{-11}$
Συστηματικό σφάλμα	μικρότερο από $1 \times 10^{-12}/\text{έτος}$	$3 \times 10^{-12}/\text{έτος}$	$3 \times 10^{-11}/\text{μήνα}$
Σχετικό κόστος	5,5	1,5	1,0

Όλες οι συχνότητες εκπομπής των δορυφόρων και οι λειτουργίες του συστήματος GPS είναι συγχρονισμένες με τα ατομικά χρονόμετρα των δορυφόρων τα οποία λειτουργούν στη συχνότητα 10,23 MHz.

Τα ατομικά χρονόμετρα των δορυφόρων υφίστανται τις επιδράσεις της θεωρίας της σχετικότητας και το σύστημα GPS αποτελεί ένα πρακτικό παράδειγμα της ειδικής και γενικής θεωρίας της σχετικότητας του Αϊνστάιν.

Μια επίδραση της σχετικότητας οφείλεται στη σχετική ταχύτητα του χρονομέτρου του δορυφόρου ως προς τη γη, λόγω της οποίας το χρονόμετρο του δορυφόρου όταν παρακολουθείται από τη γη παρουσιάζει καθυστέρηση, δηλαδή χαμηλότερη συχνότητα από αυτήν στην οποία λειτουργεί. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί την ειδική σχετικότητα.

Άλλη επίδραση της σχετικότητας είναι η επιβράδυνση των χρονομέτρων σε μεγάλης εντάσεως πεδία βαρύτητας. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί τη γενική σχετικότητα.

Οι επιδράσεις της ειδικής και γενικής σχετικότητας αλληλοαναρουνται αν η ακτίνα της τροχιάς των δορυφόρων είναι ίση με μιάμιση γήινη ακτίνα. Εν τούτοις επειδή οι δορυφορικές τροχιές έχουν ακτίνα ίση με τέσσερις περίπου φορές τη γήινη ακτίνα, τα χρονόμετρα των δορυφόρων παρουσιάζουν χρονική προχώρηση η οποία, αν δεν διορθωθεί, δημιουργεί ημερήσια απόκλιση 38 msec (αντίστοιχη με σφάλμα αποστάσεως 11 km περίπου).

Η βασική συχνότητα λειτουργίας των ατομικών χρονομέτρων των δορυφόρων είναι 10,23 MHz. Λόγω των επιδράσεων της σχετικότητας η συχνότητα αυτή αυξάνεται κατά 0,00455 Hz όταν ο δορυφόρος κινείται στην τροχιά του. Για την αντιστάθμιση της επιδράσεως αυτής τα χρονόμετρα των δορυφόρων έχουν συχνότητα 10.229.999,99545 Hz ώστε ο χρήστης να λαμβάνει τη βασική συχνότητα των 10,23 MHz.

τη βασική συχνότητα των 10,23 MHz.

Ο συγχρονισμός των συχνοτήτων και των λειτουργιών του GPS με τα χρονόμετρα των δορυφόρων γίνεται με τους επίγειους σταθμούς ελέγχου (βλ. § 7.4).

### 7.3 Δορυφορικά σήματα GPS.

#### 7.3.1 Γενικά χαρακτηριστικά δορυφορικών σημάτων GPS.

Τα εκπεμπόμενα από τους δορυφόρους του συστήματος GPS σήματα περιέχουν όλα τα απαιτούμενα στο δέκτη στοιχεία για τη μέτρηση των αποστάσεων του δέκτη από τους δορυφόρους και για τον προσδιορισμό της θέσεως κάθε δορυφόρου κατά την στιγμή εκπομπής του δορυφορικού σήματος. Οπως θα αναπτυχθεί στη συνέχεια (§ 7.5.1) με τη λήψη δορυφορικών σημάτων από τέσσερις δορυφόρους προσδιορίζεται η ακριβής θέση του δέκτη και το σφάλμα του χρόνου GPS που παρέχει ο δέκτης.

Κάθε δορυφόρος GPS εκπέμπει προς τους χρήστες τις απαραίτητες για τον προσδιορισμό του στίγματος πληροφορίες σε δύο συχνότητες, την κύρια συχνότητα  $L_1=1575,42$  MHz και τη δευτερεύουσα  $L_2=1227,60$  MHz. Εκτός από τις συχνότητες  $L_1$  και  $L_2$  κάθε δορυφόρος GPS εκπέμπει και στην τρίτη συχνότητα των 1783,74 MHz για επικοινωνία με τους επίγειους σταθμούς ελέγχου. Όλες οι συχνότητες εκπομπής και λειτουργίας των δορυφόρων GPS είναι πολλαπλάσια μιας βασικής συχνότητας  $f_0=10,23$  MHz στην οποία λειτουργούν τα ατομικά χρονόμετρα των δορυφόρων (βλ. § 7.2.2).

$$L_1 = 154 f_0 = 154 \times 10,23 \text{ MHz} = 1575,42 \text{ MHz}$$

$$L_2 = 120 f_0 = 120 \times 10,23 \text{ MHz} = 1227,6 \text{ MHz}$$

Οι πληροφορίες οι οποίες περιέχονται στα εκπεμπόμενα από τους δορυφόρους σήματα των συχνοτήτων  $L_1$  και  $L_2$  είναι διαμορφωμένες σε τρεις κώδικες οι οποίοι αποτελούνται από μια διαδοχή διακριτικών στοιχείων (παλμών) με τιμές "μηδέν" και "ένα". Οι κώδικες αυτοί είναι οι εξής:

**Κώδικας υψηλής ακριβείας P (precise code) και κώδικας χαμηλής ακριβείας C/A (coarse acquisition code).**

Οι κώδικες αυτοί χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση του χρόνου διαδόσεως των δορυφορικών σημάτων από το δορυφόρο μέχρι το δέκτη (βλ. § 7.5.3) και για τον προσδιορισμό της αποστάσεως δορυφόρου - δέκτη (βλ. § 7.5.1).

**Κώδικας D δεδομένων γνωστός και σαν ναυτιλιακό μήνυμα.**

Το ναυτιλιακό μήνυμα περιέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για τον προσδιορισμό της θέσεως του δορυφόρου κατά τη χρονική στιγμή εκπομπής του δορυφορικού σήματος.

Η διαμόρφωση των εκπεμπομένων δορυφορικών σημάτων με τους ανωτέρω κώδικες γίνεται με ειδική μέθοδο διαμορφώσεως η οποία λέγεται

διασκόρπιση φάσματος (spread spectrum modulation) και περιγράφεται στην § 7.3.5.

Στον πίνακα 7.3.1 φαίνονται τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ανωτέρω τριών κωδίκων (C/A, P και D).

### ΠΙΝΑΚΑΣ 7.3.1

*Κύρια χαρακτηριστικά κωδικών δορυφορικών σημάτων GPS*

	C/A Κώδικας	P(Y) Κώδικας	D Κώδικας
Συχνότητα	$L_1$	$L_1$ και $L_2$	$L_1$ και $L_2$
Ταχύτητα	1.023 Mbit/sec	10.23 Mbit/sec	150 Mbit/sec
Περίοδος	1 msec (1023 bits)	267 ημέρες (6.1012 bits)	30 sec (1500 bits)
Μήκος παλμού (bit)	293,2 m	29,32 m	6000 km

### 7.3.2 Κώδικας υψηλής ακριβείας.

Ο κώδικας υψηλής ακριβείας  $P$  (*precision code*) χρησιμοποιείται για την ακριβή μέτρηση του χρόνου διαδόσεως του δορυφορικού σήματος από το δορυφόρο μέχρι το δέκτη.

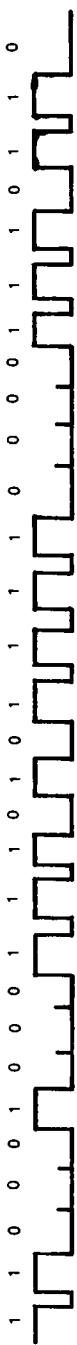
Ο κώδικας αυτός περιέχεται και στα δύο δορυφορικά σήματα των συχνοτήτων  $L_1$  και  $L_2$ , έχει περίοδο 267 ημερών και τα διακριτικά του στοιχεία αλλάζουν με ταχύτητα 10,23 Mbits/sec, δηλαδή το μήκος κύματος του παλμού είναι 30 μέτρα (σχ. 7.3a). Η περίοδος των 267 ημερών υποδιαιρείται σε 38 τμήματα των 7 ημερών, κάθε ένα από τα οποία είναι διαθέσιμο μόνο σε εξουσιοδοτημένους για την υψηλή ακριβεία χρήστες.

Ο κώδικας υψηλής ακριβείας συνήθως είναι κρυπτογραφημένος με ειδική κλείδα ασφαλείας ώστε να χρησιμοποιείται μόνο από εξουσιοδοτημένους χρήστες. Ο κώδικας υψηλής ακριβείας όταν είναι κρυπτογραφημένος (συνήθης κατάσταση) συμβολίζεται ως  $P(Y)$ .

### 7.3.3 Κώδικας χαμηλής ακριβείας C/A.

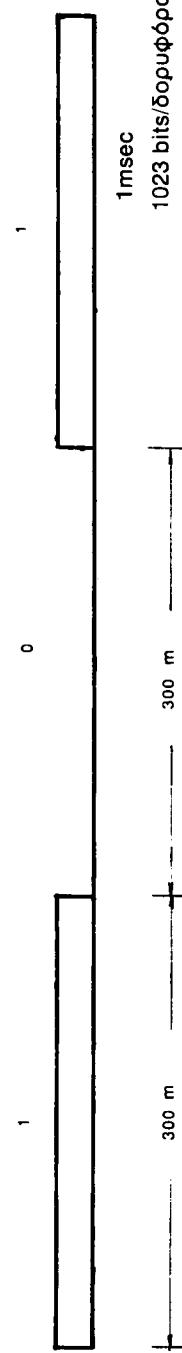
Ο κώδικας χαμηλής ακριβείας  $C/A$  (*coarse acquisition*) χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του χρόνου διαδόσεως του δορυφορικού σήματος από το δορυφόρο στο δέκτη με ακρίβεια χαμηλότερη από αυτή του κώδικα  $P$  ώστε με βάση το χρόνο αυτό να προσδιοριστεί η απόσταση δορυφόρου-δέκτη και στη συνέχεια η θέση του δέκτη (βλ. § 7.5.1).

Αποτελείται από μια διαδοχική σειρά 1023 διακριτικών στοιχείων 1 και 0 και έχει περίοδο 1 msec. Δηλαδή η ταχύτητα μεταβολής των διακριτικών



7 ԿԱՐԵՎ/ՀՅԱՂԻՆ

a. Κώδικας υψηλής ακρίβειας P (10.23 Mbits/sec)



## 6. Κώδικας χαρτολήσ ακρίβειας C/A (1.023 Mbit/sec)

ΣΧ. 7.3α. Κύριοι κες δοσομετρικών σημάτων GBS

στοιχείων είναι 102.300 bits/sec και το μήκος κύματος του παλμού 300 μέτρα (σχ. 7.3α). Ο κώδικας C/A περιέχεται μόνο στο σήμα της συχνότητας  $L_1$ .

#### **7.3.4 Το ναυτιλιακό μήνυμα (κώδικας δεδομένων D).**

Το ναυτιλιακό μήνυμα το οποίο είναι γνωστό και σαν κώδικας δεδομένων D, παρέχει πληροφορίες για την ακριβή θέση των δορυφόρων σε κάθε χρονική στιγμή (δορυφορικές εφημερίδες), τον ακριβή χρόνο εκπομπής του σήματος από το δορυφόρο (βλ. § 7.2.2) και άλλα στοιχεία σχετικά με την κατάσταση του συστήματος GPS.

Οι πληροφορίες του κώδικα D ("ναυτιλιακού μηνύματος") προέρχονται ή ελέγχονται από τους επίγειους σταθμούς ελέγχου (βλ. § 7.4).

Το ναυτιλιακό μήνυμα περιέχεται και στα δύο δορυφορικά σήματα των συχνοτήτων  $L_1$  και  $L_2$ , έχει ταχύτητα εκπομπής 50 bits/sec και αποτελείται από 25 πλαισία μήκους 1500 bits το καθένα. Κάθε πλαισίο υποδιαιρείται σε 5 υποπλαισία μήκους 300 bits το καθένα (σχ. 7.3β).

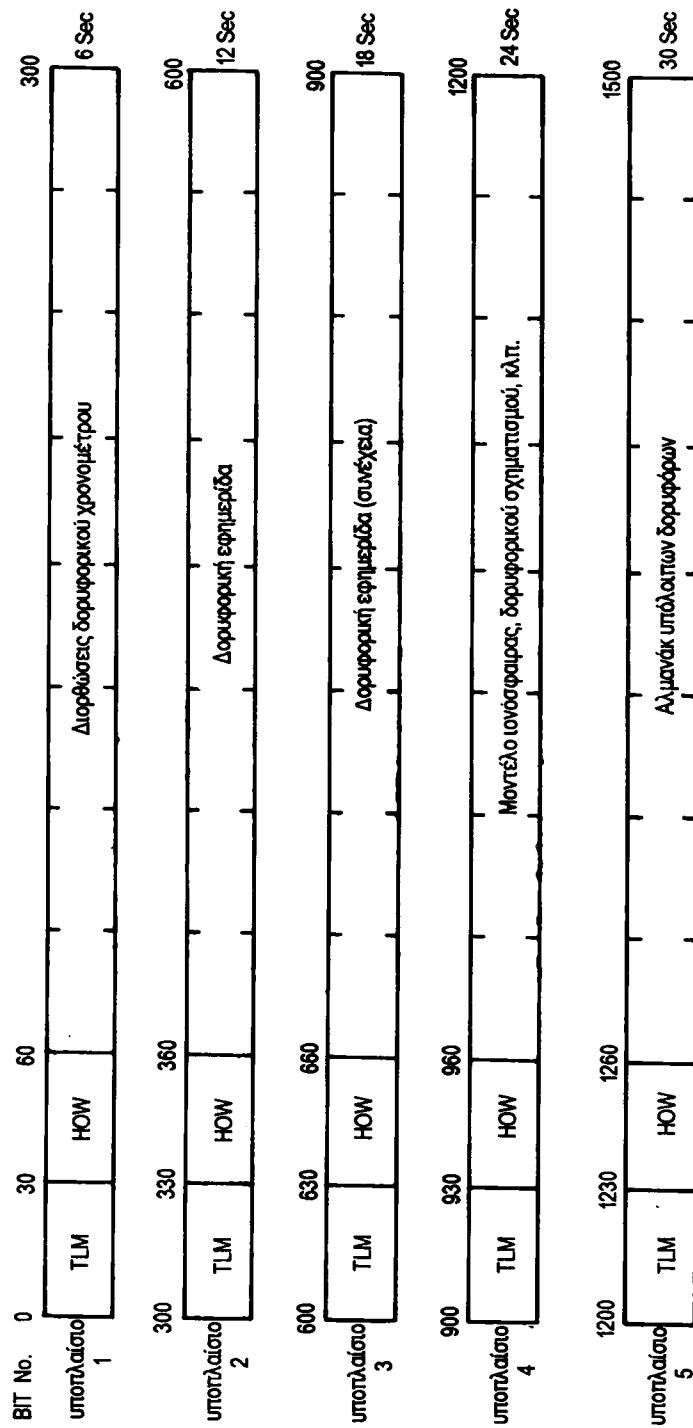
Η λήψη των πληροφοριών ενός πλαισίου πραγματοποιείται εντός 25 sec και η λήψη και των 25 πλαισίων διαρκεί 12,5 λεπτά. Τα υποπλαισία 1, 2 και 3 περιέχουν τις ίδιες πληροφορίες μήκους 900 bits, σε όλα τα 25 πλαισία. Με τον τρόπο αυτό τα κρίσιμα στοιχεία του ναυτιλιακού μηνύματος λαμβάνονται στο δέκτη εντός 30 sec. Οι πληροφορίες του ναυτιλιακού μηνύματος έχουν συνήθως χρονική ισχύ 4 ωρών.

#### **7.3.5 Διαμόρφωση δορυφορικών σημάτων με τη μέθοδο διασκορπίσεως φάσματος (spread spectrum modulation).**

Οι κώδικες των δορυφορικών σημάτων αποτελούνται από μια τυχαία διαδοχή διακριτικών στοιχείων (παλμών) τα οποία αντιπροσωπεύουν τις τιμές 0 και 1. Τα διακριτικά στοιχεία (παλμοί) με τις τιμές μηδέν και ένα δημιουργούνται με τη διαμόρφωση του σήματος με τη μέθοδο διασκορπίσεως φάσματος (spread spectrum modulation) κατά την οποία:

- Οι τιμές "μηδέν" αντιστοιχούν σε αλλαγή φάσεως του φέροντος κύματος κατά  $180^\circ$  ενώ οι τιμές "ένα" αντιστοιχούν στην ίδια φάση (σχ. 7.3γ).
- Το εκπεμπόμενο διαμορφωμένο σήμα διασκορπίζεται εκατέρωθεν της συχνότητας εκπομπής περισσότερο από όσο απαιτείται για την εκπομπή του (σχ. 7.3δ).

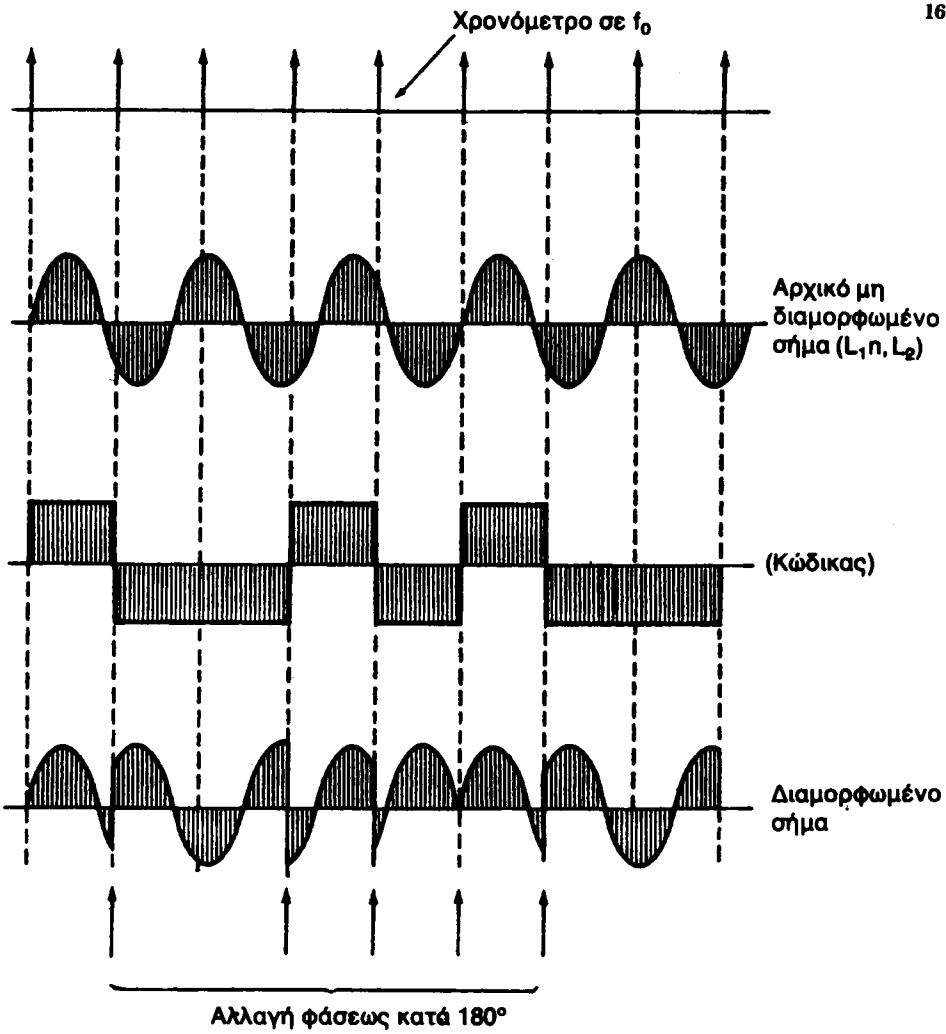
Το εύρος της ζώνης διασκορπίσεως εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από τον κώδικα. Ένα παράδειγμα εύρους διασκορπίσεως είναι το διπλάσιο της ταχύτητας εναλλαγής των διακριτικών σημείων. Ένα ναυτιλιακό μήνυμα με ταχύτητα αλλαγής των διακριτικών στοιχείων 50 bits/sec χρησιμοποιεί εύρος διασκορπίσεως  $2 \times 50 \text{ Hz} = 100 \text{ kHz}$ . Ο κώδικας C/A χρησιμοποιεί εύρος διασκορπίσεως ίσο με  $2 \times 1,023 \text{ MHz} = 2,046 \text{ MHz}$  ενώ ο κώδικας P(Y) χρησιμοποιεί εύρος διασκορπίσεως ίσο με  $2 \times 10,23 \text{ MHz} = 20,46 \text{ MHz}$ . Το εύρος



TLM : Μήνυμα τηλεμετρίας που περιέχει ιντηνήγματα από τους σταθμούς ελέγχου για τη γενική κατάσταση του συστήματος και διλλες πληροφορίες.

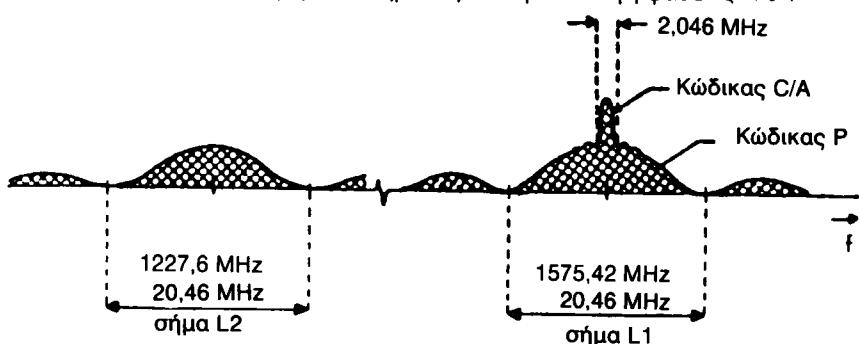
HOW : Στοιχεία για παρακολούθηση κώδικα P ή C/A.

ΣΧ. 7.3β.  
Ναυτιλιακό μήνυμα GPS.



Σχ. 7.3γ.

Κωδικοποίηση δορυφορικού σήματος GPS με αλλαγή φάσεων 180°.



Κωδικοποίηση δορυφορικού σήματος GPS με τη μέθοδο διασκορπίσεως φάσματος.

διασκορπίσεως των σημάτων  $L_1$ , και  $L_2$  είναι 20,46 MHz επειδή και τα δυο περιέχουν τον κώδικα P(Y).

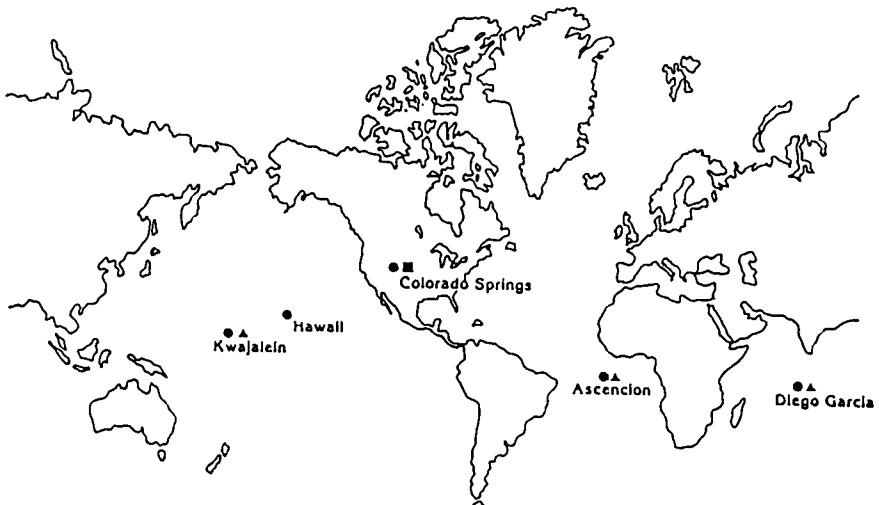
Η χρησιμοποίηση της μεθόδου διασκορπίσεως φάσματος στη διαμόρφωση των εκπεμπομένων δορυφορικών σημάτων περιορίζει τις περιπτώσεις παρεμβολών, επειδή ο δέκτης έχει τη δυνατότητα να διακρίνει τα επιθυμητά από τα μη επιθυμητά σήματα.

## 7.4 Επίγειοι σταθμοί ελέγχου συστήματος GPS.

### 7.4.1 Γενική περιγραφή σταθμών παρακολουθήσεως και ελέγχου.

Η σωστή λειτουργία του συστήματος GPS ελέγχεται από ένα δίκτυο πέντε γηίνων σταθμών παρακολουθήσεως και ελέγχου (σχ. 7.4a) οι οποίοι βρίσκονται στις θέσεις:

- Colorado Springs των H.P.A.
- Νήσος Hawaii του Ειρηνικού.
- Νήσος Kwajalein του Ειρηνικού.
- Νήσος Diego Garcia του Ινδικού.
- Νήσος Ascension του Ατλαντικού.



- Κύριος σταθμός ελέγχου
- Σταθμός παρακολουθήσεως δορυφόρου
- ▲ Πομπός μεταδόσεως διορθωμένων στοιχείων προς δορυφόρο

**Σχ. 7.4a.**

Σταθμοί παρακολουθήσεως και ελέγχου συστήματος GPS.

Για την καλύτερη παρακολούθηση των δορυφόρων οι επίγειοι σταθμοί παρακολουθήσεως και ελέγχου έχουν διαφορά γεωγραφικού μήκους  $60^{\circ}$  περίπου και μικρά ή μέσα γεωγραφικά πλάτη, δηλαδή ομοιόμορφη διασπορά στη γήινη επιφάνεια.

Οι κύριες λειτουργίες των σταθμών παρακολουθήσεως και ελέγχου (σχ. 7.4a) είναι οι εξής:

- Καταγραφή των εκπεμπομένων από τους δορυφόρους σημάτων. Η λειτουργία αυτή γίνεται και από τους πέντε σταθμούς (βλ. § 7.4.2).
- Υπολογισμός δορυφορικών εφημερίδων και διορθώσεων χρονομέτρων δορυφόρων. Η λειτουργία αυτή γίνεται από τον κύριο σταθμό ελέγχου στο Colorado Springs (βλ. § 7.4.3).
- Μετάδοση υπολογισθέντων δορυφορικών εφημερίδων και διορθώσεων χρονομέτρων στους δορυφόρους (βλ. § 7.4.4). Η μετάδοση των στοιχείων αυτών γίνεται από τρεις μόνο από τους πέντε σταθμούς (Kwajalein, Diego Garcia, Ascension).

#### **7.4.2 Καταγραφή εκπεμπομένων από τους δορυφόρους σημάτων.**

Η λειτουργία αυτή γίνεται και από τους πέντε σταθμούς (σχ. 7.4a), οι οποίοι δεν είναι επανδρωμένοι αλλά λειτουργούν ελεγχόμενοι από τον κύριο σταθμό ελέγχου στο Colorado Springs με τον οποίο έχουν αυτόματη τηλεπικοινωνιακή σύνδεση.

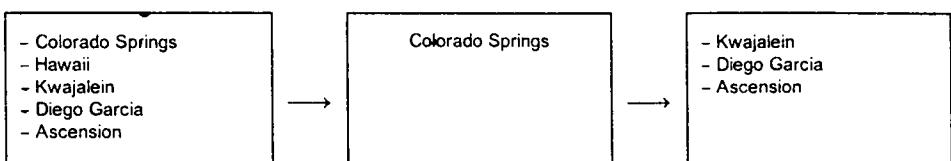
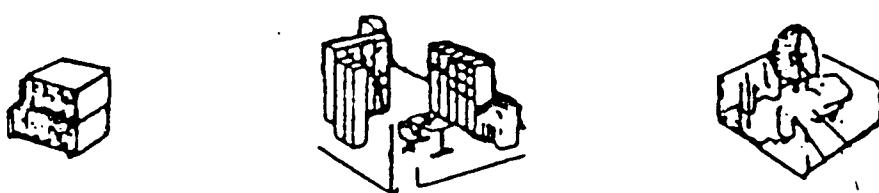
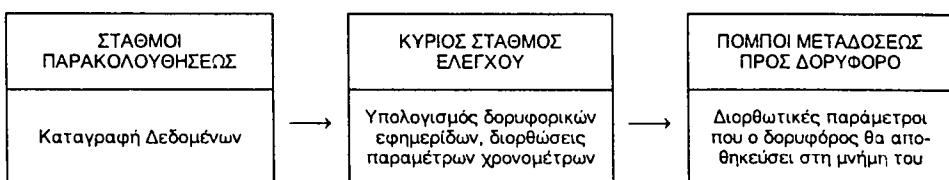
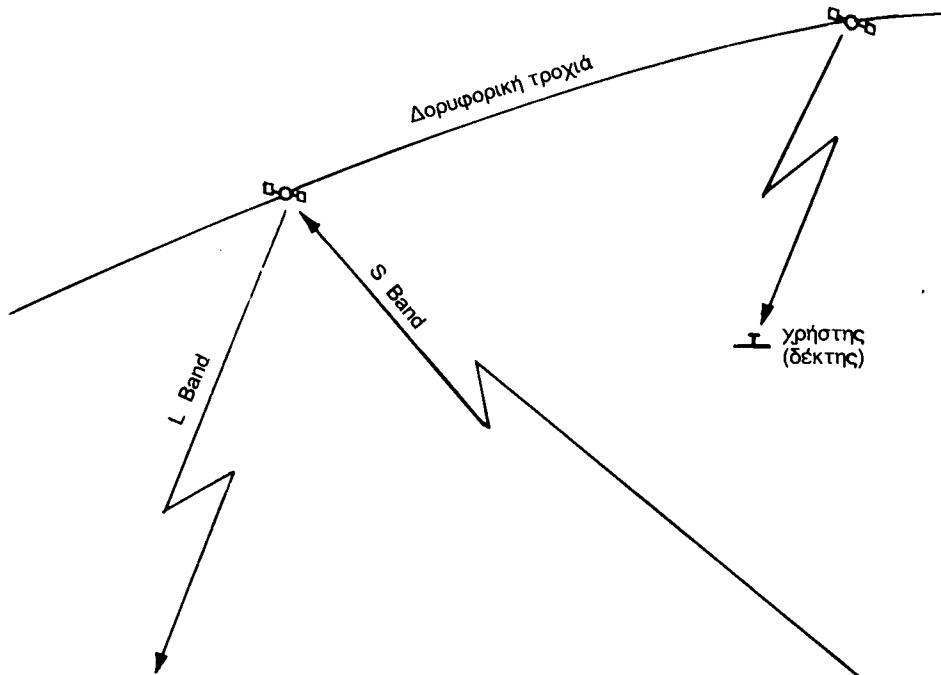
Οι πέντε σταθμοί παρακολουθήσεως είναι εξοπλισμένοι με ατομικά χρονόμετρα ακριβείας, πολυκάναλους δέκτες GPS και μετεωρολογικά όργανα ώστε να καταγράφουν και μεταδίδουν προς τον κύριο σταθμό ελέγχου τα επόμενα στοιχεία:

- Ψευδοαποστάσεις (βλ. § 7.5.1) των ορατών δορυφόρων και ταχύτητα μεταβολής των αποστάσεων (Doppler) στις συχνότητες  $L_1$  και  $L_2$  κάθε  $1,5 \text{ sec}$ .
- Χρόνο των ατομικών χρονομέτρων των δορυφόρων.
- Μετεωρολογικά στοιχεία (βαρομετρική πίεση, θερμοκρασία, υγρασία) για τον υπολογισμό των τροποσφαιρικών καθυστερήσεων (βλ. § 7.7.2).

Αν και οι σταθμοί παρακολουθήσεως έχουν τη δυνατότητα λήψεως σημάτων από δορυφόρους οι οποίοι έχουν γωνιακό ύψος μεγαλύτερο από  $5^{\circ}$ , οι μετρήσεις γίνονται μόνο στα σήματα τα οποία προέρχονται από δορυφόρους με γωνιακό ύψος μεγαλύτερο από  $15^{\circ}$  προς αποφυγή μεγάλων τροποσφαιρικών καθυστερήσεων (βλ. § 7.7.2).

#### **7.4.3 Υπολογισμός δορυφορικών εφημερίδων και διορθώσεων χρονομέτρων δορυφόρων.**

Η λειτουργία αυτή γίνεται από τον κύριο σταθμό ελέγχου στο Colorado Springs των ΗΠΑ στον οποίο μεταβιβάζονται όλες οι μετρήσεις των άλλων σταθμών παρακολουθήσεως. Με βάση τις μετρήσεις των πέντε σταθμών πα-



Σχ. 7.4β.

Βασικές λειτουργίες σταθμών παρακολουθήσεως και ελέγχου του συστήματος GPS.

ρακολουθήσεως ο κύριος σταθμός ελέγχου υπολογίζει τις παραμέτρους της τροχιάς των δορυφόρων και τις αποκλίσεις των ατομικών χρονομέτρων των δορυφόρων και των άλλων σταθμών από το χρόνο αναφοράς του συστήματος GPS ο οποίος τηρείται στον κύριο σταθμό.

Στη συνέχεια τα στοιχεία αυτά διαμορφώνονται στη δομή του ναυτιλιακού μηνύματος (D - κώδικα) για μετάδοση προς τους δορυφόρους από τους τρεις σταθμούς εκπομπής (Ascension, Kwajalein και Diego Garcia).

Ο υπολογισμός και η πρόβλεψη των δορυφορικών τροχιών στον κύριο σταθμό ελέγχου γίνεται σε δύο στάδια. Στο πρώτο στάδιο δημιουργείται η εφημερίδα αναφοράς η οποία καθορίζεται από τις παρατηρήσεις των επτά προηγουμένων ημερών. Στο δεύτερο στάδιο υπολογίζονται διορθωτικές παράμετροι των δορυφορικών τροχιών (και των ατομικών χρονομέτρων) για τις επόμενες 14 ημέρες.

Η διαδικασία υπολογισμού των δορυφορικών εφημερίδων και των διορθώσεων των χρονομέτρων των δορυφόρων φαίνεται στο σχήμα 7.4β. Οι μετρήσεις των πέντε σταθμών παρακολουθήσεως (βλ. § 7.4.2) χωρίζονται σε τμήματα χρονικής διάρκειας 6 sec. Οι μετρήσεις αυτές διορθώνονται για τις τροποσφαιρικές και ιονοσφαιρικές καθυστερήσεις (βλ. § 7.7) | τις επιδράσεις της ειδικής και γενικής σχετικότητας (βλ. § 7.2.2), την κίνηση της γης κλπ. Στη συνέχεια οι διορθωμένες παρατηρήσεις μεταφέρονται σε ένα |εξομαλυντή και μαζί με τα υφιστάμενα στοιχεία των εφημερίδων αναφοράς επεξεργάζονται από ένα φίλτρο Kalman το οποίο καλύπτει παρατηρήσεις χρονικής διάρκειας 15 min.

Μια άλλη λειτουργία του κύριου σταθμού ελέγχου είναι ο έλεγχος και η διόρθωση της πραγματικής τροχιάς των δορυφόρων. Όταν διαπιστωθεί ότι κάποιος δορυφόρος έχει απομακρυνθεί από την προβλεψθείσα τροχιά του μεταδίδονται από τους σταθμούς Ascension, Diego Garcia και Kwajalein εντολές κινήσεως του δορυφόρου για επαναφορά του στην κανονική τροχιά.

#### **7.4.4 Μετάδοση υπολογισθέντων δορυφορικών εφημερίδων και διορθώσεων χρονομέτρων στους δορυφόρους.**

Τα υπολογιζόμενα στον κύριο σταθμό ελέγχου στοιχεία (δορυφορικές εφημερίδες, κατάσταση χρονομέτρων, εντολές διορθώσεως τροχιάς δορυφόρων κλπ) διαβιβάζονται προς τους δορυφόρους από τρεις μόνο από τους πέντε σταθμούς (Ascension, Diego Garcia και Kwajalein) κάθε οκτώ ώρες (τρεις φορές την ημέρα). Οι σταθμοί αυτοί έχουν μεγάλες εκπομπής παραβολοειδούς σχήματος, διαμέτρου 10 περίπου μέτρων.

#### **7.5 Αρχές λειτουργίας και μέθοδοι προσδιορισμού θέσεως GPS.**

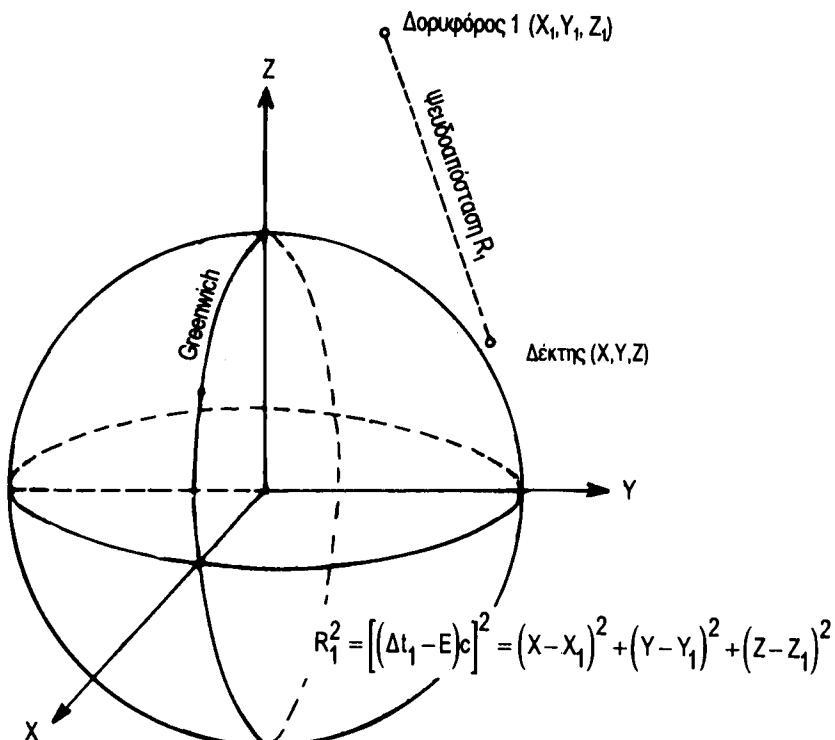
Όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου (βλ. § 7.1), ο προσδιορισμός του στίγματος με το σύστημα GPS στηρίζεται στην ταυτόχρονη μέτρηση των αποστάσεων του δέκτη από τρεις ή τέσσερις δορυφόρους οπότε

η θέση του δέκτη προσδιορίζεται στην τομή τριών σφαιρικών επιφανειών με κέντρα τις θέσεις των δορυφόρων και ακτίνες ίσες με τις μετρηθείσες αποστάσεις (σχ. 7.5α).

### 7.5.1 Μέτρηση ψευδοαποστάσεων.

Οι αποστάσεις του δέκτη από τους δορυφόρους προκύπτουν με μέτρηση του χρόνου διαδόσεως του εκπεμπόμενου από το δορυφόρο παλμικού κωδικοποιημένου σήματος C/A (βλ. § 7.2.4) και πολλαπλασιασμό του χρόνου αυτού με την ταχύτητα διαδόσεως των ραδιοκυμάτων. Για τον ακριβή προσδιορισμό των αποστάσεων του δέκτη από τους δορυφόρους απαιτείται απόλυτος συγχρονισμός των χρονομέτρων των δορυφόρων με το χρονόμετρο του δέκτη. Ο συγχρονισμός αυτός ο οποίος πρέπει να γίνει με ακρίβεια μερικών δισεκατομμυριοστών του δευτερολέπτου, δεν είναι δυνατός λόγω της μη υπάρξεως ατομικών χρονομέτρων μεγάλης ακρίβειας στους δέκτες.

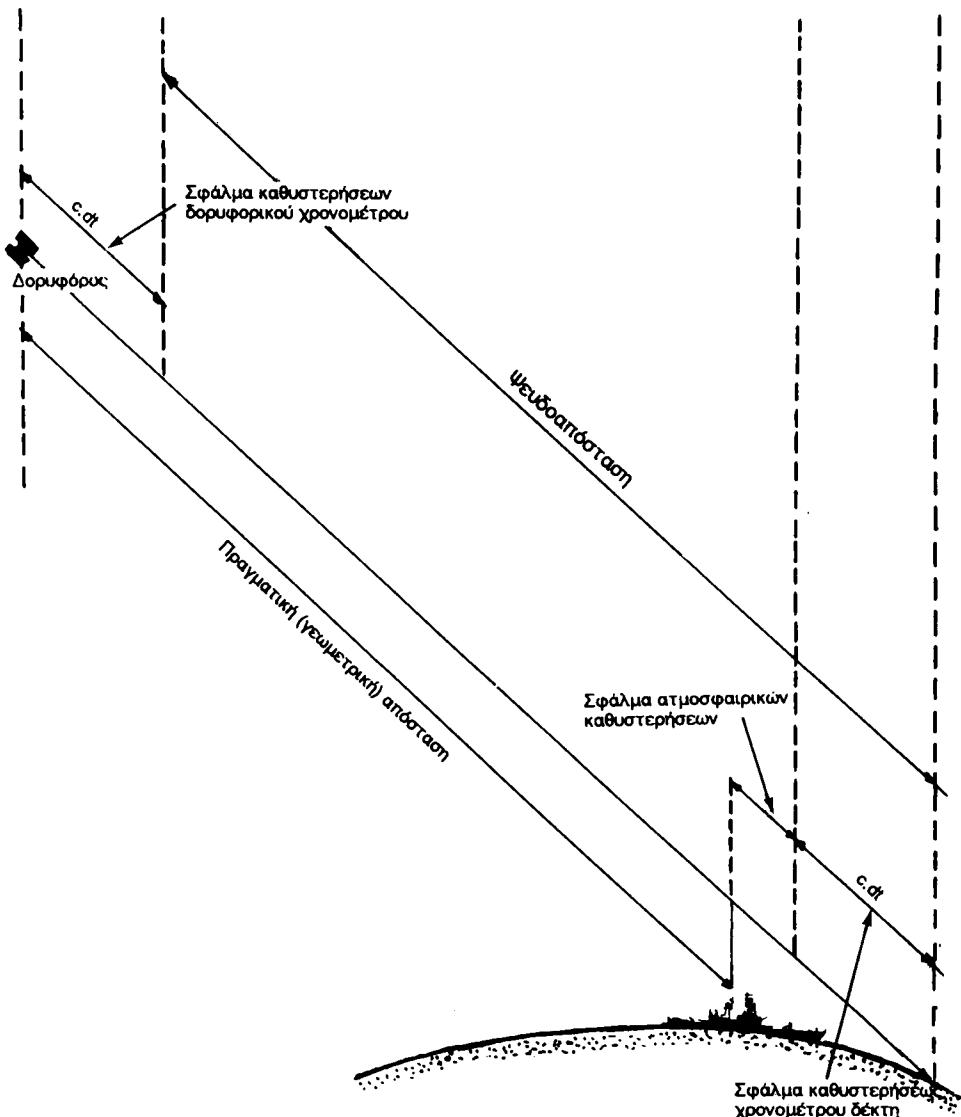
Για τους παραπάνω λόγους ο μετρούμενος στο δέκτη χρόνος διαδόσεως του δορυφορικού σήματος από το δορυφόρο μέχρι το δέκτη περιλαμβάνει το σφάλμα του χρονομέτρου του δέκτη και επομένως οι προσδιοριζόμενες α-



Σχ. 7.5α.  
Γεωμετρία καθορισμού στίγματος GPS.

ποστάσεις του δέκτη από τους δορυφόρους δεν είναι αληθείς και ονομαζούνται **ψευδοαποστάσεις** (σχ. 7.5β).

Για τον ακριβή προσδιορισμό του στίγματος GPS είναι απαραίτητος ο προσδιορισμός του σφάλματος χρονομέτρου του δέκτη. Ο προσδιορισμός του σφάλματος χρονομέτρου του δέκτη γίνεται με την εκτέλεση μιας επί



**Σχ. 7.5β**  
Γεωμετρική ερμηνεία της ψευδοαποστάσεως.

πλέον μετρήσεως προς ένα τέταρτο δορυφόρο (σχ. 7.5a) οπότε το σφάλμα του χρονομέτρου  $E$  και οι συντεταγμένες  $X, Y, Z$  του δέκτη προκύπτουν από την επίλυση του συστήματος των επομένων τεσσάρων εξισώσεων όπου οι τέσσερις άγνωστοι είναι οι συντεταγμένες  $X, Y, Z$  του δέκτη και το σφάλμα του χρονομέτρου του δέκτη  $E$ .

$$R_1^2 = [(\Delta t_1 - E) C]^2 = (X - X_1)^2 + (Y - Y_1)^2 + (Z - Z_1)^2 \quad (7.1\alpha)$$

$$R_2^2 = [(\Delta t_2 - E) C]^2 = (X - X_2)^2 + (Y - Y_2)^2 + (Z - Z_2)^2 \quad (7.1\beta)$$

$$R_3^2 = [(\Delta t_3 - E) C]^2 = (X - X_3)^2 + (Y - Y_3)^2 + (Z - Z_3)^2 \quad (7.1\gamma)$$

$$R_4^2 = [(\Delta t_4 - E) C]^2 = (X - X_4)^2 + (Y - Y_4)^2 + (Z - Z_4)^2 \quad (7.1\delta)$$

όπου:

- $R_1, R_2, R_3$  και  $R_4$  οι μετρηθείσες από τους 4 δορυφόρους αποστάσεις.
- $(X_1, Y_1, Z_1), (X_2, Y_2, Z_2)$  κλπ. είναι οι συντεταγμένες των (γνωστών) θέσεων των 4 δορυφόρων.
- $X, Y, Z$  οι άγνωστες συντεταγμένες του δέκτη  $E$  είναι το σφάλμα συγχρονισμού του χρονομέτρου του δέκτη.
- c η ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα.

Από την επίλυση του συστήματος των παραπάνω εξισώσεων υπολογίζονται οι ορθογώνιες συντεταγμένες  $X, Y, Z$  του δέκτη, οι οποίες στη συνέχεια μετατρέπονται σε γεωδαιτικές συντεταγμένες ( $\phi, \lambda, H$ ).

### 7.5.2 Στίγμα GPS δύο ή τριών διαστάσεων.

Στην περίπτωση ναυτιλιακού στίγματος στην επιφάνεια της θάλασσας είναι ήδη γνωστή μια επιφάνεια θέσεως του σκάφους (η επιφάνεια της θάλασσας), οπότε έχομε στίγμα GPS δύο και όχι τριών διαστάσεων.

Στην περίπτωση στίγματος GPS δύο διαστάσεων για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων της θέσεως του σκάφους και του σφάλματος χρονομέτρου του δέκτη απαιτούνται μετρήσεις από τρεις μόνο δορυφόρους.

Στην περίπτωση προσδιορισμού θέσεως αεροσκάφους, δεν είναι γνωστή καμιά επιφάνεια θέσεως, οπότε έχομε στίγμα GPS τριών διαστάσεων και για τον προσδιορισμό των συντεταγμένων της θέσεως του αεροσκάφους και του σφάλματος χρονομέτρου του δέκτη απαιτούνται μετρήσεις από τέσσερις δορυφόρους.

Ο προσδιορισμός του στίγματος GPS τριών διαστάσεων (αεροσκάφους) και του σφάλματος χρονομέτρου του δέκτη γίνεται με την επίλυση του συστήματος των εξισώσεων επί των τεσσάρων δορυφόρων από τους οποίους ελήφθηκαν δορυφορικά σήματα (εξισώσεις 7.1α, 7.1β, 7.1γ και 7.1δ).

Ο προσδιορισμός του στίγματος GPS δύο διαστάσεων (πλοίου επιφανείας) και του σφάλματος χρονομέτρου του δέκτη γίνεται και πάλι με την επίλυση ενός συστήματος τεσσάρων εξισώσεων με τέσσερις αγνώστους (X, Y, Z, E).

Στην περίπτωση στίγματος δύο διαστάσεων, το σύστημα των τεσσάρων εξισώσεων αποτελείται από τις εξισώσεις ψευδοαποστάσεων των τριών δορυφόρων από τους οποίους ελήφθησαν δορυφορικά σήματα (εξισώσεις 7.1α, 7.1β, 7.1γ) καθώς και από μια επιπλέον εξίσωση (7.2), η οποία δίνεται από την απόσταση του δέκτη από το κέντρο της γης (η απόσταση αυτή είναι ίση με το άθροισμα της ακτίνας της γης R και του ύψους της κεραίας του δέκτη h επάνω από την επιφάνεια της θάλασσας).

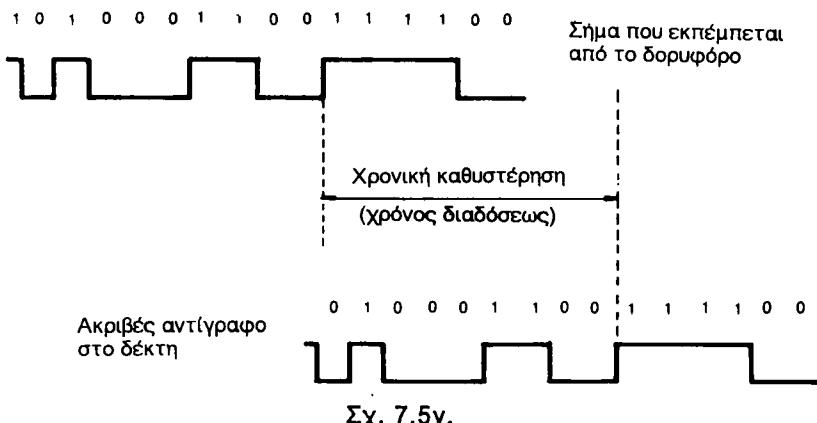
$$(R+h)^2 = X^2 + Y^2 + Z^2 \quad (7.2)$$

### 7.5.3 Μέτρηση χρόνου διαδόσεως δορυφορικού σήματος και μετρήσεις διαφοράς φάσεως.

Για τη μέτρηση του χρόνου διαδόσεως των δορυφορικών σημάτων ο δέκτης παράγει ένα ακριβές αντίγραφο του δορυφορικού σήματος, το οποίο έχει υποστεί μια κωδικοποιημένη διαμόρφωση (βλ. § 7.2.5) και μετρά τη χρονική καθυστέρηση η οποία απαιτείται για να ταυτιστεί το λαμβανόμενο δορυφορικό σήμα με το ακριβές αντίγραφό του (σχ. 7.5γ). Η ακρίβεια με την οποία γίνεται η ταύτιση αυτή είναι της τάξεως του 0,01 του πλάτους παλμού του κωδικοποιημένου δορυφορικού σήματος.

Για τον κώδικα υψηλής ακρίβειας P(Y), το πλάτος του παλμού ενός bit είναι 97,75 nsec  $\approx$  100 nsec και επομένως η αβεβαιότητα στη μέτρηση του χρόνου είναι της τάξεως του 1 nsec η οποία αντιστοιχεί σε αβεβαιότητα 0,3 μ στη μέτρηση της ψευδοαποστάσεως.

Για τον κώδικα χαμηλής ακρίβειας C/A, το πλάτος παλμού ενός bit είναι 1 μsec ή 1000 nsec και επομένως η αβεβαιότητα στη μέτρηση του χρόνου είναι



Μέτρηση του χρόνου διαδόσεως δορυφορικού σήματος στο δέκτη GPS.

vai της τάξεως των 10 nssec η οποία αντιστοιχεί σε αβεβαιότητα 3 μ. στη μέτρηση της φυεύδοαποστάσεως.

Για τη βελτίωση της ακριβείας μετρήσεως των δορυφορικών αποστάσεων, ορισμένοι δέκτες, οι οποίοι συνήθως προορίζονται για γεωδαιτικές εφαρμογές εκτός από τη μέτρηση του χρόνου διαδόσεως του κωδικοποιημένου δορυφορικού σήματος, μετρούν και διαφορές φάσεως μεταξύ του λαμβανόμενου δορυφορικού σήματος και του σήματος που παράγεται στο δέκτη.

Με τη μέτρηση της διαφοράς φάσεως<sup>1</sup> προσδιορίζεται επακριβώς το δεκαδικό μέρος της αποστάσεως δορυφόρου-δέκτη σε κλάσματα του μήκους κύματος, ενώ ο συνολικός αριθμός των διαιύλων προσδιορίζεται από τη μέτρηση του χρόνου διαδόσεως του κωδικοποιημένου δορυφορικού σήματος.

Με το συνδυασμό των μετρήσεων του χρόνου διαδόσεως και φάσεως επιτυγχάνεται ακρίβεια στη μέτρηση αποστάσεων της τάξεως των 2 cm.

#### **7.5.4 Μέθοδοι προσδιορισμού θέσεως (στίγματος) GPS.**

Ανάλογα με τη χρήση του συστήματος GPS διακρίνομε τους επόμενους τρόπους προσδιορισμού θέσεως:

- Στατικός προσδιορισμός θέσεως.
- Κινηματικός προσδιορισμός θέσεως (στίγματος).

Στο στατικό προσδιορισμό θέσεως ο δέκτης είναι ακίνητος ως προς τη γη εγκατεστημένος στο σημείο της γήινης επιφάνειας του οποίου πρόκειται να προσδιοριστεί η θέση. Ο στατικός προσδιορισμός θέσεως χρησιμοποιείται σε γεωδαιτικές εφαρμογές, στις οποίες η απαιτούμενη ακρίβεια θέσεως είναι της τάξεως των ολίγων εκατοστών του μέτρου, δηλαδή πολύ υψηλότερη από ότι στις ναυτιλιακές και λοιπές εφαρμογές. Η υψηλή αυτή ακρίβεια επιτυγχάνεται με:

- Την εκτέλεση μετρήσεων δορυφορικών σημάτων για μια εκτεταμένη χρονική περίοδο (από μερικά λεπτά έως μερικές ώρες) και στη μετέπειτα (a posteriori) αναλυτική επεξεργασία των μετρήσεων αυτών με ηλεκτρονικό υπολογιστή.
- Την εκτέλεση μετρήσεων διαφοράς φάσεως (βλ. § 7.5.3). Στον κινηματικό προσδιορισμό θέσεως στίγματος ο δέκτης βρίσκεται σε κίνηση (πλοίο, αεροσκάφος κλπ.) και η επεξεργασία των μετρήσεων και ο προσδιορισμός της θέσεως γίνονται σε πραγματικό χρόνο.

#### **7.5.5 Καταστάσεις λειτουργίας συστήματος GPS.**

Το σύστημα GPS λειτουργεί στις επόμενες δύο καταστάσεις :

- Ακριβής προσδιορισμός θέσεως - PPS (Precise Positioning Service).
- Συνήθης προσδιορισμός θέσεως - SPS (Standard Positioning Service).

<sup>1</sup> Η μέτρηση της αποστάσεως με τη μέθοδο της διαφοράς φάσεως στη γενική της μορφή αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 3 ( § 3.3.3).

Η λειτουργία του συστήματος GPS για τον ακριβή προσδιορισμό θέσεως (PPS) είναι διαθέσιμη μόνο σε εξουσιοδοτημένους χρήστες οι οποίοι πρέπει να έχουν στη διάθεσή τους ειδικούς δέκτες και πρόσβαση στον κατάλληλο για τη λειτουργία αυτή κώδικα υψηλής ακριβείας P(Y) ο οποίος εκπέμπεται και στις δύο συχνότητες  $L_1$ , και  $L_2$  (βλ. § 7.2.3).

Το σύστημα GPS στη λειτουργία ακριβούς προσδιορισμού θέσεως, παρέχει ακρίβεια θέσεως (1 σ) 10 μ. περίπου και ακρίβεια χρόνου (1 σ) 100 nsec.

Σε αντίθεση με τη λειτουργία ακριβούς προσδιορισμού θέσεως (PPS) η λειτουργία συνήθους προσδιορισμού θέσεως (SPS) είναι διαθέσιμη χωρίς κανέναν περιορισμό σε όλους τους χρήστες.

Το σύστημα GPS στη λειτουργία συνήθους προσδιορισμού θέσεως παρέχει ακρίβεια θέσεως (1 σ) 100 μέτρων περίπου και ακρίβεια χρόνου (1 σ) 140 nsec.

Κατά τη λειτουργία συνήθους προσδιορισμού θέσεως (SPS) στο δέκτη του συστήματος GPS λαμβάνεται μόνο ο κώδικας χαμηλής ακριβείας C/A ο οποίος εκπέμπεται μόνο στη συχνότητα  $L_1$  (βλ. § 7.2.3).

## 7.6 Δέκτες GPS.

### 7.6.1 Γενική δομή δεκτών GPS.

Παρά το γεγονός ότι οι δέκτες GPS διαφέρουν από κατασκευαστή σε κατασκευαστή, η γενική δομή ενός δέκτη GPS είναι περίπου ίδια και οι βασικές του μονάδες οι εξήντα:

- Κεραία.
- Προενισχυτής.
- Μονάδες λήψεως δορυφορικών σημάτων που ονομάζονται "κανάλια".
- Μονάδες επεξεργασίας δορυφορικών σημάτων.
- Υπολογιστής.

Η κεραία των δεκτών GPS είναι πάντοτε πολυκατευθυντήρια ώστε η λήψη των δορυφορικών σημάτων να μην περιορίζεται σε μια μόνο διεύθυνση αλλά να καλύπτει όλα τα σημεία του ορίζοντα. Ανάλογα με τις εφαρμογές για τις οποίες προορίζεται ο δέκτης GPS μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας από τους επόμενους τύπους κεραίας (σχ. 7.6a) :

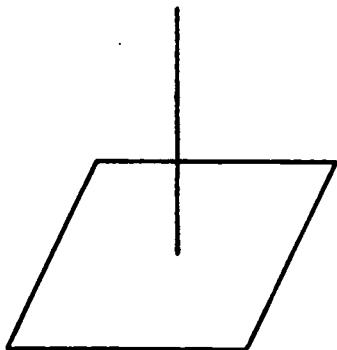
- Μονοπολική (monopole).
- Τετράφυλλη (quadrifilar helix, Volute).
- Επίπεδη (microstript).
- Σπειροειδής (spiral or tapered).

Οι μονοπολικές και τετράφυλλες κεραίες λαμβάνουν σήματα της μιας μόνο συχνότητας ( $L_1$ ), ενώ οι επίπεδες και οι σπειροειδείς λαμβάνουν σήματα και των δύο συχνοτήτων ( $L_1$ ,  $L_2$ ) εκπομπής δορυφορικών σημάτων GPS.

**Ο προενισχυτής** χρησιμοποιείται για την ενίσχυση των λαμβανομένων δορυφορικών σημάτων και ελάττωση των θορύβων.

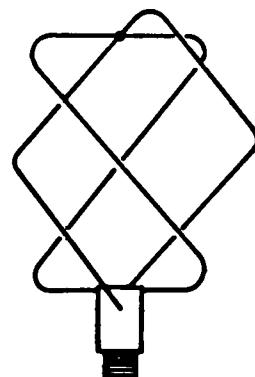
**Τα κανάλια** ή μονάδες λήψεως των δορυφορικών σημάτων τα οποία

- Δυνατότητα για μια συχνότητα
- Μικρή και απλή στην κατασκευή
- Απαιτεί επίπεδη πλάκα για την αποφυγή πολυκλαδικών παρεμβολών



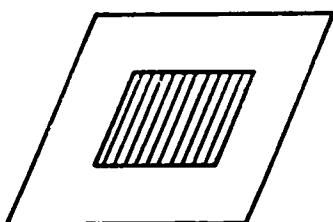
α) Μονοπολική (monopole)

- Δυνατότητα για δύο συχνότητες
- Πιο πολύπλοκη κατασκευή
- Καλή λήψη (gain - κέρδος)



β) Τετράφωλη (quadriphilar)

- Δυνατότητα για μια ή δύο συχνότητες
- Κατάλληλη για οχήματα αέρος (ελικόπτερα, αεροπλάνα)
- Χαμηλό κέρδος (gain)



γ) Επίπεδη (microstrip)

- Δυνατότητα για δύο συχνότητες  $L_1$  και  $L_2$
- Καλό κέρδος (gain)



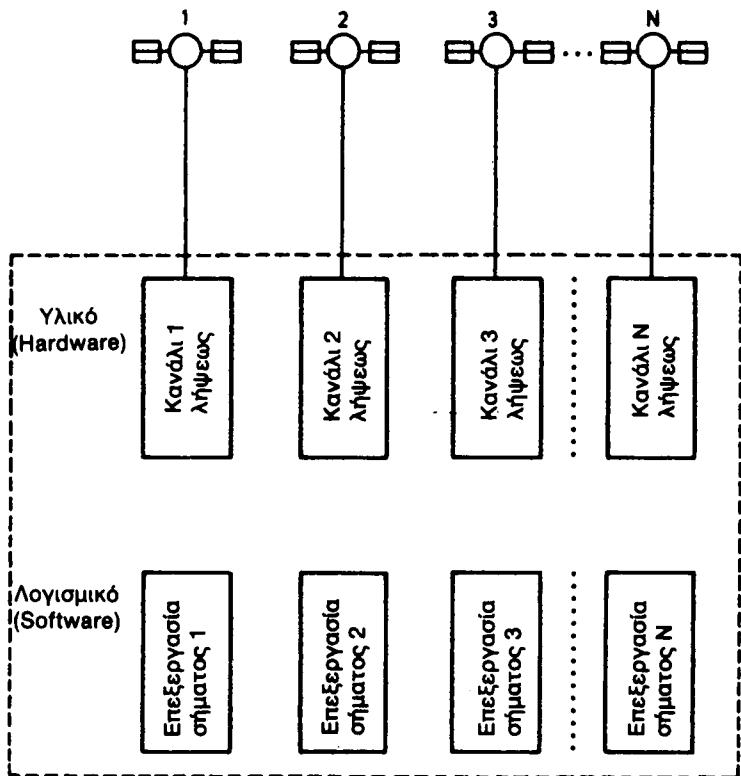
δ) Σπειροειδής (spiral)

**Σχ. 7.6α.**  
Κατηγορίες κεραιών δέκτη GPS.

ανάλογα με τις εφαρμογές για τις οποίες προορίζεται ο δέκτης και την απαιτούμενη ακρίβεια κυμαίνονται από 1 έως 36.

**Οι μονάδες επεξεργασίας δορυφορικών σημάτων** ενός δέκτη GPS όπως και τα κανάλια μπορεί να είναι μια ή και περισσότερες.

**Ο υπολογιστής** ελέγχει και συντονίζει όλες τις λειτουργίες του δέκτη, επιλέγει τους καταλληλότερους δορυφόρους, εφαρμόζει διορθώσεις, υπολο-



**Σχ. 7.6β.**  
Λειτουργία συνεχούς δέκτη GPS.

γίζει θέση (στίγμα) και ταχύτητα καθώς και άλλα χρήσιμα για τη ναυσιπλοΐα ακολουθητέα στοιχεία, όπως π.χ. διόπτρευση και απόσταση προς ένα δεδομένο σημείο, ακολουθητέα πορεία για άφιξη σε κάποιο σημείο προορισμού κλπ.

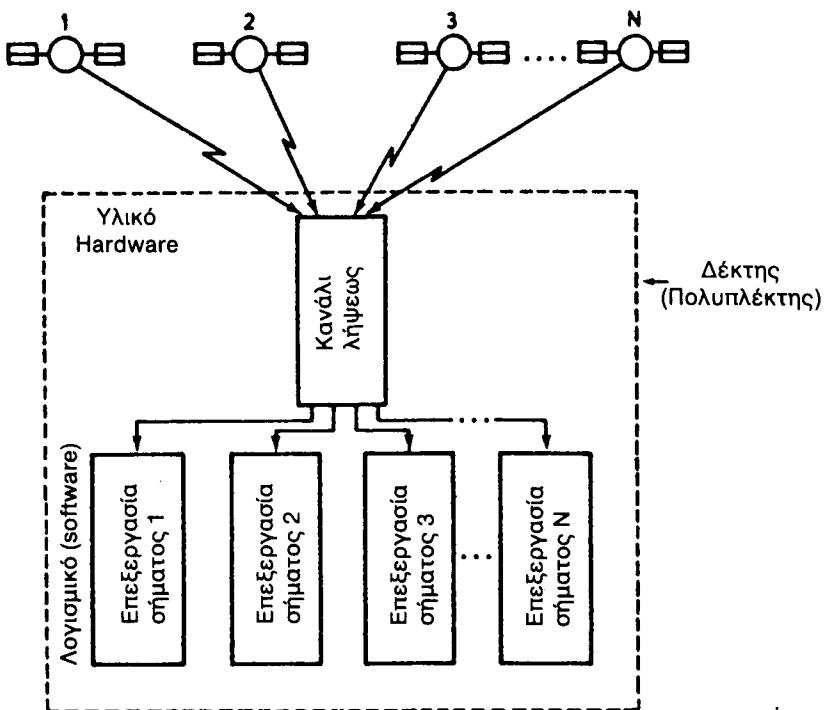
### 7.6.2 Κατηγορίες δεκτών GPS.

Ανάλογα με την εσωτερική δομή και τον τρόπο λειτουργίας τους οι δέκτες GPS ταξινομούνται στις επόμενες τρεις κατηγορίες :

- Συνεχείς ή πολυκάναλοι (Continuous, multichannel).
- Πολυπλέκτες (Multiplex).
- Ακολουθιακοί (Sequential).

**Πολυκάναλοι ή συνεχείς δέκτες (multichannel or continuous receivers).**

Οι δέκτες αυτοί αποτελούνται από 4 ή περισσότερα κανάλια και αντίστοιχες μονάδες επεξεργασίας. Κάθε κανάλι χρησιμοποιείται για τη συνεχή μέτρηση του σήματος ενός μόνο δορυφόρου (σχ. 7.6β). Με τον τρόπο αυτό, γίνεται ταυτόχρονη λήψη και επεξεργασία σημάτων με τέσσερις τουλάχιστον δορυφόρους και το στίγμα που προκύπτει έχει πολύ μεγάλη ακρίβεια.



**Σχ. 7.6γ.**  
Λειτουργία πολυπλέκτη δέκτη GPS.

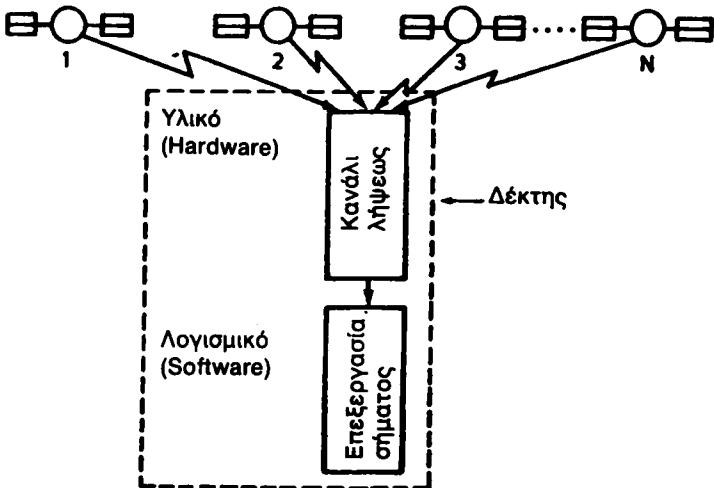
### Πολυπλέκτες δέκτες (*multiplex receivers*).

Οι δέκτες αυτοί αποτελούνται από ένα ή δύο κανάλια και αρκετές μονάδες επεξεργασίας (σχ. 7.6γ). Η λήψη των δορυφορικών σημάτων με ένα ή δύο κανάλια εναλλάσσεται από δορυφόρο σε δορυφόρο σε πάρα πολύ μικρό χρονικό διάστημα (σε χρόνο ενός δευτερολέπτου ένας δέκτης πολυπλέκτης λαμβάνει διαδοχικά στοιχεία από πέντε διαφορετικούς δορυφόρους). Με τον τρόπο αυτό η επεξεργασία των σημάτων στις αντίστοιχες μονάδες λογισμικού γίνεται χωρίς διακοπή.

### Ακολουθιακοί δέκτες (*sequential receivers*).

Οι δέκτες αυτοί (σχ. 7.6δ) αποτελούνται από ένα μόνο κανάλι, και μια μονάδα επεξεργασίας τα οποία χρησιμοποιούνται για τη διαδοχική λήψη και επεξεργασία σημάτων από διάφορους δορυφόρους, αλλά με χρόνο ανακυκλώσεως αρκετά μεγαλύτερο από αυτό του πολυπλέκτη (1 δευτερόλεπτο εώς μια ώρα).

Οι πολυπλέκτες δέκτες στην πράξη παρουσιάζουν τα ίδια πλεονεκτήματα με τους πολυκάναλους, γιατί παρατηρούν σχεδόν ταυτόχρονα αρκετούς δορυφόρους. Το μόνο μειονέκτημα των δεκτών αυτών είναι, ότι, όταν τοπο-



**Σχ. 7.6δ.**  
Λειτουργία ακολουθιακού δέκτη GPS.

Θετούνται σε οχήματα μεγάλης ταχύτητας (αεροσκάφη ή ταχέα σκάφη επιφανείας) ενδέχεται να παρουσιάζουν ελαττωμένη ακρίβεια στίγματος).

Οι ακολουθιακοί δέκτες διακρίνονται σε ταχείς και αργούς με χρόνους καθορισμού στίγματος 4,5 sec ή ορισμένες ώρες αντίστοιχα. Οι ακολουθιακοί δέκτες στοιχίζουν λιγότερο από τους πολυπλέκτες και τους πολυκάναλους.

### 7.6.3 Γενικά χαρακτηριστικά δεκτών GPS.

#### Δέκτες ακριβούς και συνήθους προσδιορισμού θέσεως.

Οι δέκτες GPS διακρίνονται σε δέκτες ακριβούς προσδιορισμού θέσεως και δέκτες συνήθους προσδιορισμού θέσεως.

Οι δέκτες ακριβούς προσδιορισμού θέσεως (PPS) προορίζονται για στρατιωτικές κυρίως εφαρμογές και έχουν τη δυνατότητα να λαμβάνουν τόσο τον κώδικα υψηλής ακριβείας P(Y) που εκπέμπεται μόνο στη συχνότητα  $L_2$  όσο και τον κώδικα χαμηλής ακριβείας (C/A) που εκπέμπεται και στις δύο συχνότητες  $L_1$  και  $L_2$ .

Οι δέκτες συνήθους προσδιορισμού θέσεως (SPS) διατίθενται ελεύθερα στο εμπόριο για χρήση από οποιοδήποτε ενδιαφερόμενο χωρίς να απαιτείται πρόσβαση στον κώδικα υψηλής ακριβείας P(Y) και για το λόγο αυτό λειτουργούν μόνο στη συχνότητα  $L_1$ , του κώδικα χαμηλής ακριβείας (C/A).

Οι προορίζόμενοι για τη ναυσιπλοΐα δέκτες GPS (σχ. 7.6ε) με τη βοήθεια του ενσωματωμένου σε αυτούς μικρού πολογιστή έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν εκτός από το στίγμα του σκάφους σε γεωγραφικές συντεταγμένες ( $\phi, \lambda$ ) και άλλα χρήσιμα στοιχεία όπως:



**Σχ. 7.6ε.**

Χαρακτηριστικοί τύποι ναυτιλιακών δεκτών GPS για μόνιμη εγκατάσταση στο πλοίο.

- Συντεταγμένες UTM.
- Πραγματική ως προς το βιθό πορεία και ταχύτητα.
- Ακολουθητέα πορεία και ταχύτητα.
- Ακολουθητέα πορεία για άφιξη σε διάφορα σημεία προορισμού.
- Αποτελέσματα επιλύσεως ορθοδρομικών και λοξοδρομικών προβλημάτων κ.ά.
- Ακριβή παγκόσμιο χρόνο UTM.

Ορισμένοι δέκτες GPS είναι κυριολεκτικά φορητοί με διαστάσεις μικρότερες από 30 cm (σχ. 7.6στ) για τη λειτουργία των οποίων δεν απαιτείται καν εγκατάσταση στο σκάφος και ως εκ τούτου μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτός από τον προσδιορισμό του στίγματος πλοίων επιφανείας και αεροσκαφών και σε πληθώρα άλλων εφαρμογών, όπως π.χ. ο προσδιορισμός στίγματος λέμβων θέσεως οχημάτων ξηράς κλπ.



**Σχ. 7.6στ.**  
Φορητοί δέκτες GPS.



## 7.7 Σφάλματα - ακρίβεια συστήματος GPS.

Η τελική ακρίβεια του στίγματος GPS εξαρτάται από το μέγεθος των διαφόρων σφαλμάτων του συστήματος τα οποία είναι τα εξής:

- Ιονοσφαιρικές καθυστερήσεις (διάθλαση).
- Τροποσφαιρικές καθυστερήσεις.

- Πολυκλαδικές παρεμβολές.
- Σφάλματα δορυφορικών εφημερίδων.
- Σφάλματα συγχρονισμού χρονονομέτρων δορυφόρου δέκτη.

### **7.7.1 Ιονοσφαιρικές καθυστερήσεις.**

Λόγω διαθλάσεώς τους τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κατά τη διέλευσή τους από τα διάφορα στρώματα της ιονόσφαιρας διανύουν διαδρομές που αποκλίνουν από την ευθύγραμμη διάδοση με αποτέλεσμα οι αποστάσεις των δορυφόρων, οι οποίες προσδιορίζονται με βάση το μετρούμενο χρόνο, να περιέχουν ένα σφάλμα (ιονοσφαιρικές καθυστερήσεις).

Οι ιονοσφαιρικές καθυστερήσεις εξαρτώνται από τις διακυμάνσεις της δομής της ιονόσφαιρας και το γωνιακό ύψος του δορυφόρου επάνω από τον ορίζοντα.

Η μέση τιμή του σφάλματος των ιονοσφαιρικών καθυστερήσεων είναι 3 μέτρα κατά τη διάρκεια της νύκτας ενώ κατά τη διάρκεια της ημέρας μπορεί να φθάσει και τα 15 μέτρα. Τα σφάλματα αυτά όταν το γωνιακό ύψος του δορυφόρου είναι μικρότερο των 5° αυξάνονται ραγδαία και είναι δυνατό ακόμα και να τριπλασιασθούν.

Για τον περιορισμό του σφάλματος των ιονοσφαιρικών καθυστερήσεων, ο ενσωματωμένος στο δέκτη μικροϋπολογιστής χρησιμοποιεί διάφορα μαθηματικά μοντέλα με τα οποία εξαλείφεται μέχρι και το 75% του σφάλματος.

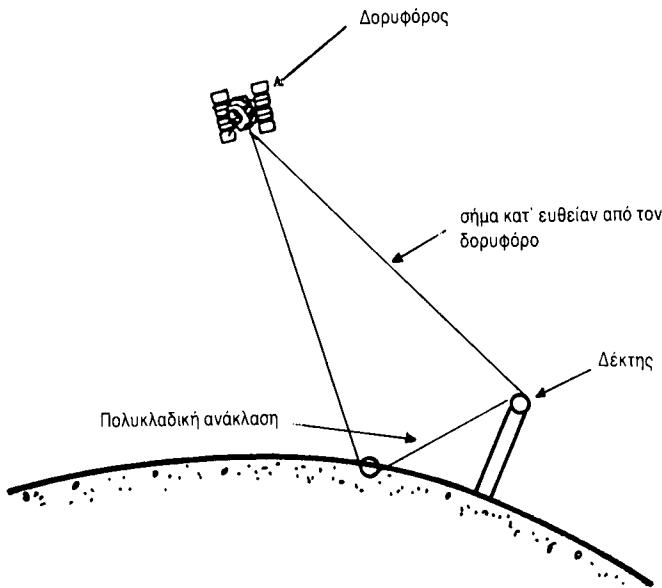
Το υπολειπόμενο μετά τη χρησιμοποίηση των μαθηματικών μοντέλων σφάλμα ιονοσφαιρικής καθυστερήσεως εξαλείφεται με εκτίμηση της απαιτούμενης διορθώσεως με τη σύγκριση των μετρήσεων των δορυφορικών σημάτων στις δύο συχνότητες εκπομπής ( $L_1$  και  $L_2$ ). Μετά και από τη διόρθωση αυτή η οποία μπορεί να γίνει από δέκτες που λαμβάνουν και τις δύο συχνότητες  $L_1$  και  $L_2$ , το μέσο τελικό υπολειπόμενο σφάλμα ιονοσφαιρικής καθυστερήσεως είναι της τάξεως των 2-3 μέτρων.

### **7.7.2 Τροποσφαιρικές καθυστερήσεις.**

Σε αντίθεση με τις ιονοσφαιρικές, οι τροποσφαιρικές καθυστερήσεις των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων για συχνότητες μικρότερες των 30 GHz δεν εξαρτώνται από τη συχνότητα του φέροντος κύματος αλλά από τα μετεωρολογικά δεδομένα της ατμόσφαιρας καθώς και από το γωνιακό ύψος του δορυφόρου.

Για τη διόρθωση του σφάλματος των τροποσφαιρικών καθυστερήσεων, υπάρχουν διάφορα μαθηματικά μοντέλα τα οποία χρησιμοποιούν ως παραμέτρους τις τιμές της ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας, πιέσεως, υγρασίας και το γωνιακό ύψος του δορυφόρου.

Μια τυπική μέση τιμή του σφάλματος τροποσφαιρικής καθυστερήσεως είναι της τάξεως των 3 μέτρων. Μετά την τροποσφαιρική διόρθωση το σφάλμα αυτό περιορίζεται στα 1-2 μέτρα.



**Σχ. 7.7.**  
Πολυκλαδικές παρεμβολές στο δορυφορικό σήμα GPS.

### 7.7.3 Πολυκλαδικές παρεμβολές.

Τα σφάλματα πολυκλαδικών παρεμβολών (multipath interference) του συστήματος GPS οφείλονται στη λήψη από το δέκτη δορυφορικών σημάτων τα οποία προέρχονται από διαδρομές οι οποίες διαφέρουν από την απ' ευθείας διάδοση (σχ. 7.7). Οι διαφορετικές αυτές διαδρομές προέρχονται από τις ανακλάσεις των δορυφορικών σημάτων σε γειτονικά στην κεραία του δέκτη αντικείμενα όπως π.χ. υπερκατασκευές του πλοίου, επιφάνεια θάλασσας κλπ.

Για τον περιορισμό των πολυκλαδικών παρεμβολών, οι δέκτες GPS χρησιμοποιούν κατάλληλα φίλτρα τα οποία δέχονται σήματα με μήκος παλμού όχι μεγαλύτερο από το μήκος παλμού του κώδικα [340 μέτρα για τον κώδικα P(Y) και 300 μέτρα για τον κώδικα C/A]. Εν τούτοις και με τη χρήση των φίλτρων αυτών τα σφάλματα πολυκλαδικών παρεμβολών είναι δυνατό να είναι πολύ μεγάλα.

Οι πολυκλαδικές παρεμβολές είναι συνάρτηση της δυναμικής καταστάσεως της θέσεως και του ύψους της κεραίας του δέκτη και του γωνιακού ύψους του δορυφόρου. Για τον περιορισμό των πολυκλαδικών παρεμβολών η κεραία του δέκτη πρέπει να τοποθετείται στο υψηλότερο σημείο του σκάφους ώστε να μην επισκιάζεται από τις υπερκατασκευές και να έχει όσο το δυνατό στενότερο εύρος ζώνης λήψεως.

## 7.8 Ακρίβεια του συστήματος GPS.

### 7.8.1 Ακρίβεια στίγματος GPS.

Η ακρίβεια στίγματος του συστήματος GPS περιγράφεται με τη βοήθεια διαφόρων στατιστικών παραμέτρων οι οποίες συνδυάζουν την ακρίβεια θέσεως με κάποια πιθανότητα. Η λεπτομερής ανάλυση των παραμέτρων αυτών ξεφεύγει από το σκοπό του παρόντος βιβλίου στο οποίο γίνεται απλή αναφορά στις κυριότερες από αυτές.

Συνήθως η ακρίβεια στίγματος GPS εκφράζεται με τις κάτωθι παραμέτρους:

#### **Πιθανό σφαιρικό σφάλμα (Circular error Probable) - CEP.**

Το σφάλμα αυτό αντιστοιχεί στην ακτίνα σφαίρας η οποία περικλείει το χώρο στον οποίο υπάρχει πιθανότητα 50% να βρίσκεται η πραγματική θέση του δέκτη.

#### **Οριζόντιο σφάλμα πιθανότητας 95%.**

Το σφάλμα αυτό αντιστοιχεί στην ακτίνα κύκλου ο οποίος περικλείει μια οριζόντια περιοχή εντός της οποίας υπάρχει πιθανότητα 95% να βρίσκεται η πραγματική θέση του δέκτη.

Η ακρίβεια στίγματος ακριβούς προσδιορισμού θέσεως (PPS) είναι 16 μέτρα CEP (πιθανό σφαιρικό σφάλμα). Η ακρίβεια στίγματος συνήθους προσδιορισμού θέσεως (SPS) είναι 100 μέτρα οριζόντιο σφάλμα πιθανότητας 95%.

### 7.8.2 Ευαισθησία αβεβαιότητας εντοπισμού GDOP (Geometric Dilution of Precision).

Είναι μια παράμετρος που προσδιορίζει το σθένος της γεωμετρίας των δορυφόρων σε σχέση με το δέκτη και παρέχεται με ένα καθαρό αριθμό.

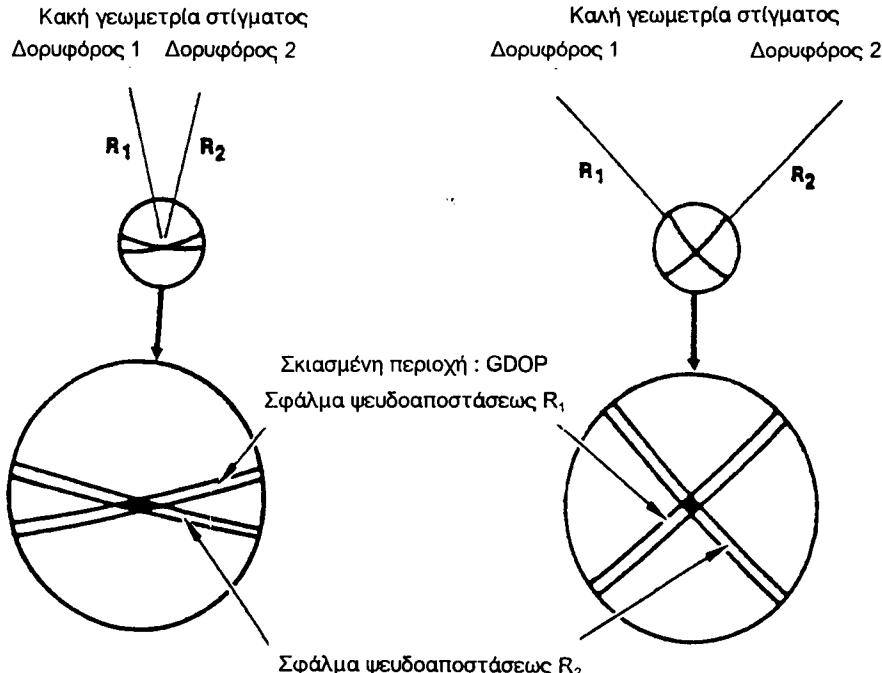
Καλή γεωμετρία στίγματος GPS αντιστοιχεί σε σχετικές θέσεις των δορυφόρων ως προς το δέκτη που παρέχουν επιφάνειες θέσεως που τέμνονται με γωνίες που πλησιάζουν τις  $90^\circ$ .

Κακή γεωμετρία στίγματος αντιστοιχεί σε σχετικές θέσεις των δορυφόρων ως προς το δέκτη που παρέχουν επιφάνειες θέσεως που τέμνονται με μικρές γωνίες.

Κακή γεωμετρία στίγματος GPS, παρατηρείται όταν οι ευθείες που ενώνουν το δέκτη με τους δορυφόρους είναι παράλληλες ή πλησιάζουν το ίδιο επίπεδο ή όταν ο αριθμός των δορυφόρων είναι μικρός (σχ. 7.8a).

Οι τιμές του GDOP στην περίπτωση κακής γεωμετρίας είναι μεγαλύτερες από 6 και στην περίπτωση καλής γεωμετρίας πλησιάζουν τη μονάδα.

Όλοι σχεδόν οι σύγχρονοι δέκτες GPS παρέχουν ένδειξη της τιμής της παραμέτρου GDOP για διευκόλυνση του χρήστη στην επιλογή των κατά περίπτωση καταλληλοτέρων δορυφόρων.



Σχ. 7.8α.  
Ευαισθησία αβεβαιότητος εντοπισμού (GDOP).

### 7.8.3 Ισοδύναμη αβεβαιότητα στην απόσταση UERE (User Equivalent Range Error).

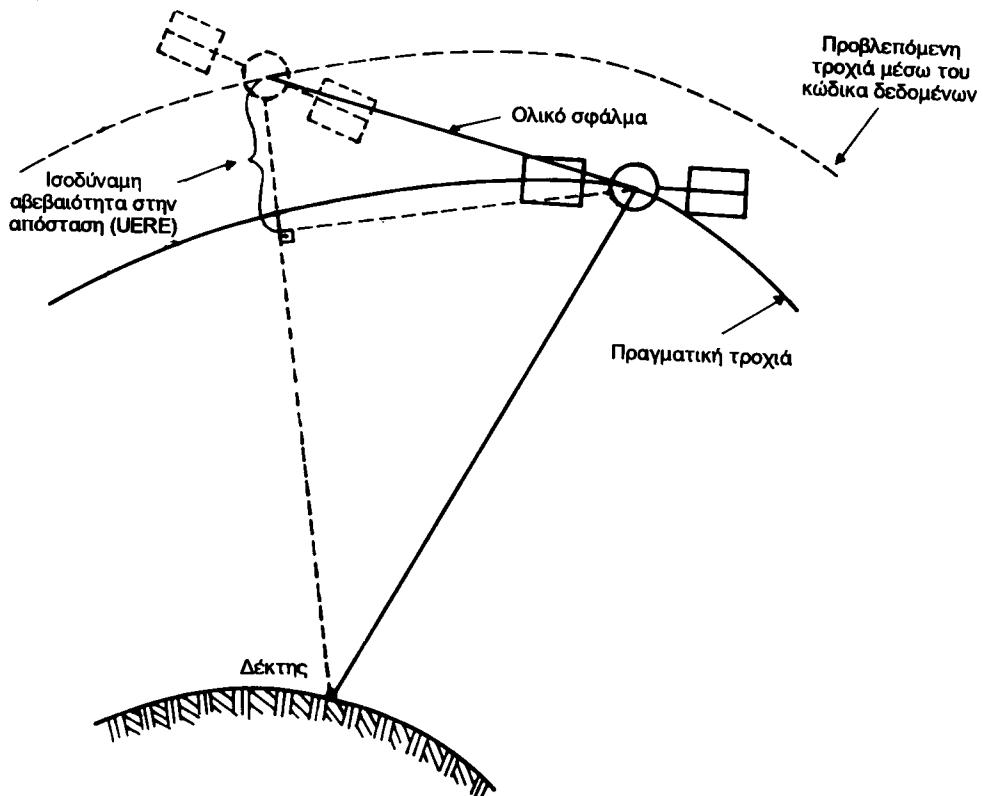
Είναι το σφάλμα στη μέτρηση της αποστάσεως κάθε δορυφόρου από το δέκτη όπως αυτό φαίνεται από το δέκτη. Το σφάλμα αυτό αντιστοιχεί στη προβολή των διαφόρων σφαλμάτων πάνω στην ευθεία που ενώνει το δορυφόρο με το δέκτη (σχ. 7.8β).

Η ισοδύναμη αβεβαιότητα στην απόσταση έχει διαφορετική τιμή για κάθε δορυφόρο και λαμβάνει τη μικρότερη τιμή όταν οι δορυφόροι λαμβάνουν νέα στοιχεία της τροχιάς τους από τους επίγειους σταθμούς.

Πρόβλεψη της τιμής UERE για κάθε δορυφόρο παρέχεται στο πρώτο υπόπλαίσιο του ναυτιλιακού μηνύματος (κώδικα δεδομένων) του δορυφορικού σήματος GPS (σχ. 7.8β). Στον πίνακα 7.8.1 φαίνονται οι μέσες τιμές του σφαλμάτος UERE.

### 7.8.4 Ακρίβεια προσδιορισμού ταχύτητας.

Η ακρίβεια με την οποία προσδιορίζεται η ταχύτητα στο δέκτη GPS είναι της τάξεως του 0,1 m/sec. Η ακρίβεια αυτή ελαττώνεται στην περίπτωση του συνήθους προσδιορισμού θέσεως (SPS).



**Σχ. 7.8β.**  
Δορυφορικά σφάλματα και ισοδύναμη αβεβαιότητα στην απόσταση.

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 7.8.1

#### Μέσες αντιπροσωπευτικές τιμές σφάλματος UERE

Τμήμα GPS	Πηγές σφαλμάτων	Σφάλματα σε μέτρα	
		Κώδικας P	Κώδικας C/A
Δορυφορικό	Αβεβαιότητες δορυφόρων και χρονομέτρων τους	3,0	3,0
	Αβεβαιότητες φάσεως Πρόβλεψη διαταραχών δορυφορικών τροχιών	0,5	0,5
	Άλλα	1,0 0,5	1,0 0,5
Ελέγχου	Προβλέψεις εφημερίδων και εφαρμογή μοντέλων	4,2	4,2
	Άλλα	0,9	0,9
Χρήστη	Ιονοσφαιρικά μοντέλα Τροποσφαιρικά μοντέλα	2,3 2,0	5-10 2,0
	Θόρυβοι δέκτου Πολυκλαδικές παρεμβολές	1,5 1,2 Άλλα	7,5 1,2 0,5

### 7.8.5 Ακρίβεια χρόνου.

Το τυπικό σφάλμα (σ) στη μέτρηση χρόνου ως προς το χρόνο UTC σε ακίνητο ή κινούμενο με μικρή ταχύτητα δέκτη GPS είναι:

- 100 nanoseconds για αμοιβή προσδιορισμού θέσεως (PPS).
- 140 nanoseconds για συνήθη προσδιορισμό θέσεως (SPS).

Στην περίπτωση κινούμενου με μεγάλη ταχύτητα δέκτη οι ανωτέρω ακρίβειες ελαττώνονται.

### 7.8.6 Συντελεστής αξιοπιστίας FOM (Figure of Merit).

Μία άλλη παράμετρος που χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της ακρίβειας του συστήματος GPS είναι ο συντελεστής αξιοπιστίας FOM (Figure of Merit) ο οποίος εμφανίζεται στην οθόνη αρκετών δεκτών για υποβοήθηση του χρήστη στην εκτίμηση της αξιοπιστίας των παρεχομένων από το δέκτη στοιχείων.

Ο συντελεστής αξιοπιστίας FOM προσδιορίζεται από μία σειρά στατιστικών παραμέτρων οι οποίες εκφράζουν τη γεωμετρία στίγματος (GDOP), την ισοδύναμη αβεβαιότητα στην απόσταση (UERE), τις συνθήκες διαδόσεως των δορυφορικών σημάτων και τις δυνατότητες και την εν γένει κατάσταση του δέκτη.

Ο συντελεστής FOM λαμβάνει τιμές από 1 έως 9, όπου η τιμή 1 αντιστοιχεί στην καλύτερη απόδοση του δέκτη.

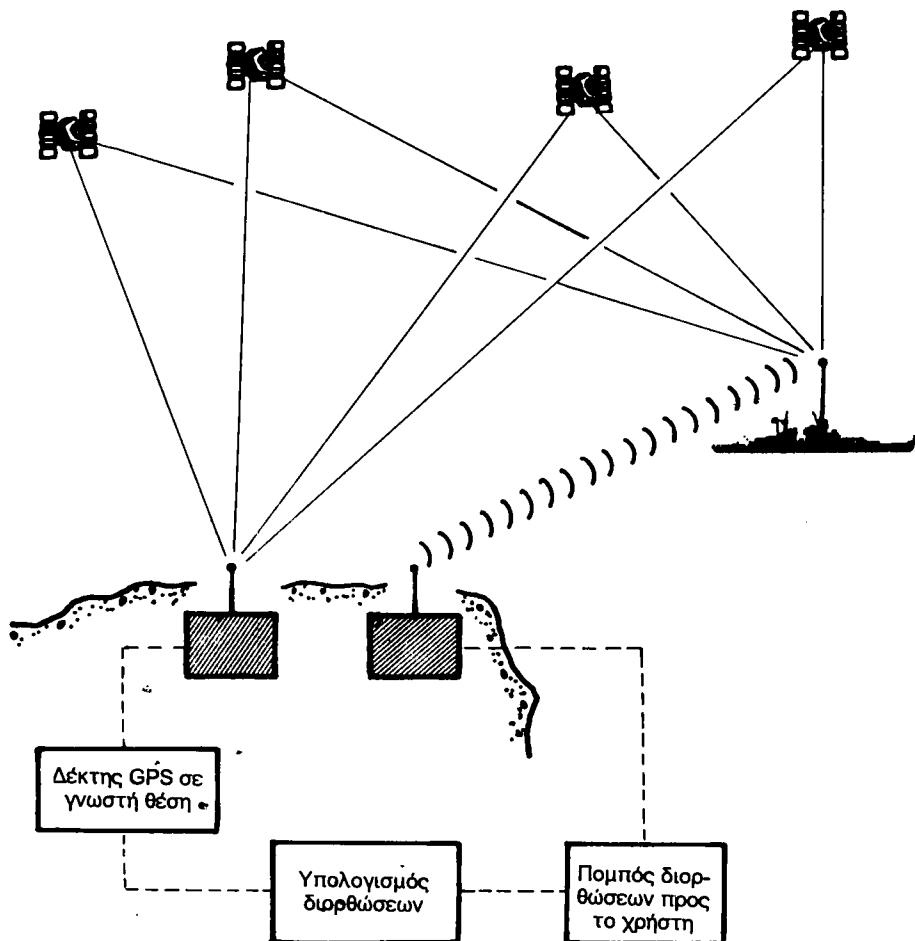
Για την εκτίμηση της αξιοπιστίας του παρεχόμενου από το δέκτη χρόνου, χρησιμοποιείται ο συντελεστής αξιοπιστίας χρόνου TFOM (Time Figure of Merit).

## 7.9 Διαφορικό GPS.

Η ακρίβεια του ναυτιλιακού στίγματος του συστήματος GPS με τη χρησιμοποίηση του κώδικα C/A η οποία είναι της τάξεως των 100 μέτρων, είναι δυνατό να βελτιωθεί μέχρι και 10 μέτρα με τη χρησιμοποίηση του διαφορικού GPS.

Η αρχή λειτουργίας του διαφορικού GPS (σχ. 7.9) στηρίζεται στη χρησιμοποίηση ενός επίγειου σταθμού αναφοράς ο οποίος τοποθετείται σε κάποια θέση γνωστών συντεταγμένων. Ο σταθμός αναφοράς περιλαμβάνει:

- Ένα δέκτη GPS για τον προσδιορισμό του στίγματος στη θέση που έχει εγκατασταθεί.
- Μια μονάδα ηλεκτρονικού υπολογιστή για τον προσδιορισμό των διαφορών του προσδιοριζόμενου στίγματος από τις γνωστές συντεταγμένες της θέσεως του σταθμού ή των διαφορών των μετρουμένων φευδο-αποστάσεων από τις πραγματικές τους τιμές.
- Ένα πομπό για την αυτόματη εκπομπή των προσδιοριζομένων διαφορών προκειμένου να χρησιμοποιηθούν από τους δέκτες της περιοχής για βελτίωση (διόρθωση) του στίγματος GPS.



Σχ. 7.9.  
Αρχή λειτουργίας διαφορικού GPS.

Οι διωρθώσεις οι οποίες προσδιορίζονται στο σταθμό αναφοράς και μεταδίδονται προς τα πλοία της περιοχής για βελτίωση της ακριβείας του στίγματος GPS έχουν τις εξής μορφές:

- Διαφορές συντεταγμένων στίγματος GPS από την πραγματική θέση του σταθμού αναφοράς.
- Διαφορές μετρουμένων ψευδοαποστάσεων από τις πραγματικές τους τιμές.

Στην περίπτωση των αμέσων διωρθώσεων των συντεταγμένων απαιτείται εκπομπή πληροφορίας από το χρήστη προς το σταθμό αναφοράς σχετική με τους δορυφόρους που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της θέσεως προκειμένου ο σταθμός να προσδιορίσει και εκπέμψει τις διαφορές συντεταγμένων που αντιστοιχούν στους συγκεκριμένους δορυφόρους.

Η μέθοδος αυτή έχει μεν το πλεονέκτημα ότι οι εκπεμπόμενες διορθώσεις δεν απαιτούν περαιτέρω επεξεργασία αιτό το δέκτη και εφαρμόζονται ως αλγεβρικές διορθώσεις στις συντεταγμένες του στίγματος.

Εν τούτοις η μέθοδος αυτή έχει το μειονέκτημα ότι περιορίζεται ο αριθμός των χρηστών που μπορούν να χρησιμοποιούν το σταθμό αναφοράς αφού αυτοί πρέπει να χρησιμοποιούν τους ίδιους δορυφόρους.

Στην άλλη περίπτωση του προσδιορισμού των διορθώσεων στις μετρούμενες ψευδοαποστάσεις, ο δέκτης του χρήστη αφού λάβει τις διορθώσεις πρέπει να μετρήσει τις ψευδοαποστάσεις από 4 δορυφόρους, να τις διορθώσει σύμφωνα με τα στοιχεία που εκπέμπει ο σταθμός αναφοράς και στη συνέχεια να προσδιορίσει το στίγμα. Στη μέθοδο αυτή δεν απαιτείται εκπομπή πληροφορίας από το χρήστη επειδή ο σταθμός αναφοράς εκπέμπει διορθώσεις ψευδοαποστάσεων για όλους τους ορατούς δορυφόρους (περίπου 7), οπότε κάθε χρήστης της περιοχής μπορεί να επιλέξει τις διορθώσεις που αναφέρονται στους τέσσερις δορυφόρους που χρησιμοποιεί. Με τον τρόπο αυτό αυξάνει ο αριθμός των χρηστών της περιοχής.

Από τις ανωτέρω δύο μεθόδους εκπομπής διαφορικών διορθώσεων έχει επικρατήσει η μέθοδος των ψευδοαποστάσεων.

Το σήμα με το οποίο γίνεται η εκπομπή των υπολογιζομένων διορθώσεων από τους διαφορικούς σταθμούς, έχει στις περισσότερες περιπτώσεις τη δομή (format) που καθιερώθηκε από την ακτοφυλακή των ΗΠΑ και είναι γνωστή ως RTCM SC104.

Οι σταθμοί από τους οποίους υπολογίζονται και εκπέμπονται οι διαφορικές διορθώσεις συνήθως είναι διάφοροι ναυτικοί ραδιοφάροι που εκπέμπουν στις συχνότητες 285 - 325 kHz. Οι ραδιοφάροι αυτοί αναγράφονται στις εκδόσεις "Admiralty List of Radio Signals - Vol. 2" και "SP 17 Radionavigational Aids".

Για τη λήψη των διαφορικών διορθώσεων το πλοίο πρέπει να διαθέτει τον αντίστοιχο δέκτη ραδιογωνιομέτρου καθώς και δέκτη GPS με δυνατότητα εισόδου σήματος διαφορικών διορθώσεων GPS σε δομή RTCM.

Εκτός από τους διαφορικούς σταθμούς GPS που λειτουργούν σε ορισμένους ραδιοφάρους με μέριμνα των αντιστοίχων κρατικών υπηρεσιών, ορισμένες εταιρείες έχουν δημιουργήσει τους δικούς τους διαφορικούς σταθμούς οι οποίοι όμως εκπέμπουν τις διαφορικές διορθώσεις σε κωδικοποιημένη δομή για την οποία απαιτείται η αγορά ειδικού δέκτη ή αποκωδικοποιητή για μετατροπή των διορθώσεων σε δομή RTCM.

Μια άλλη κατηγορία διαφορικών σταθμών GPS εκπέμπει τις διορθώσεις μέσω γεωστατικών δορυφόρων επικοινωνιών.

Η εμβέλεια των διαφορικών σταθμών GPS συνήθως είναι 50 έως 10 ναυτικά μίλια. Αύξηση της εμβέλειας είναι μεν δυνατή (με αύξηση της ισχύος των σταθμών και με εκπομπή των διορθώσεων μέσω γεωστατικών δορυφόρων επικοινωνιών) αλλά στις περιπτώσεις αυτές ελαττώνεται ραγδαία η ακρίβεια των παρεχομένων διορθώσεων.

## 7.10 Ναυτιλιακές χρήσεις και δυνατότητες του GPS.

Για την πλήρη αξιοποίηση των τεραστίων δυνατοτήτων του συστήματος GPS για την παροχή ναυτιλιακού στίγματος πολύ υψηλής ακριβείας, απαιτείται τόσο η γνώση των γενικών αρχών λειτουργίας και δυνατοτήτων του συστήματος GPS, όσο και η λεπτομερής μελέτη του εγχειριδίου χρήσεως του χρησιμοποιούμενου δέκτη. Η παρουσίαση των λεπτομερειών χρήσεως ενός δέκτη GPS δεν είναι δυνατό αλλά ούτε και σκόπιμο να παρουσιασθεί στο παρόν εκπαιδευτικό κείμενο.

Ανεξάρτητα από τις μεταξύ τους διαφορές, όλοι σχεδόν οι προοριζόμενοι για τη ναυσιπλοΐα δέκτες GPS, έχουν ορισμένα κοινά χαρακτηρηστικά σχετικά με τις παρεχόμενες δυνατότητες αλλά και τον τρόπο λειτουργίας και χρησιμοποιήσεώς τους, τα οποία αναφέρονται περιληπτικά στη συνέχεια.

### **Εκκίνηση του δέκτη GPS και αρχικός προσδιορισμός της θέσεως του σκάφους.**

Για τον αρχικό προσδιορισμό του στίγματος GPS, κατά κανόνα δεν απαιτείται η καταχώρηση από το χρήστη της περίπου θέσεως του σκάφους όπως συμβαίνει με όλα τα υπόλοιπα ηλεκτρονικά συστήματα προσδιορισμού στίγματος.

Με την εκκίνηση του δέκτη GPS, αναζητούνται οι καταλληλότεροι δορυφόροι που πρέπει να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό του στίγματος με βάση τα στοιχεία των αστρονομικών εφημερίδων (Almanac) όλων των δορυφόρων, οι οποίες περιέχονται στο σήμα που εκπέμπει κάθε δορυφόρος GPS και το στίγμα προσδιορίζεται αυτόματα, συνήθως με το πάτημα ενός μόνο πλήκτρου.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, όταν ο δέκτης δεν έχει μετακινηθεί περισσότερο από 500 km από τη θέση που χρησιμοποιήθηκε για τελευταία φορά, για τον αρχικό προσδιορισμό της θέσεως, απαιτείται χρόνος ενός περίπου πρώτου λεπτού. Όταν ο δέκτης έχει μετακινηθεί περισσότερο από 500 km περίπου, για τον αρχικό προσδιορισμό της θέσεως απαιτείται χρόνος 30 περίπου λεπτών, εκτός αν καταχωρηθεί από το χρήστη η νέα θέση του δέκτη με προσέγγιση καλύτερη των 500 km.

Σε ένα τυπικό ναυτιλιακό δέκτη GPS, μετά τον αρχικό προσδιορισμό της θέσεως το στίγμα προσδιορίζεται κάθε ένα δευτερόλεπτο.

### **Επιλογή γεωγραφικών ή καρτεσιανών συντεταγμένων (UTM).**

Όλοι σχεδόν οι ναυτιλιακοί δέκτες GPS έχουν τη δυνατότητα να υπολογίσουν και να απεικονίσουν το στίγμα του σκάφους, εκτός από τις γνωστές στη ναυτιλία συντεταγμένες γεωγραφικού πλάτους και μήκους (φ.λ) και σε καρτεσιανές συντεταγμένες (UTM), ανάλογα με την επιλογή του χρήστη.

### **Επιλογή γεωδαιτικού συστήματος.**

Για την πλήρη αξιοποίηση των δυνατοτήτων του συστήματος GPS για παροχή στίγματος υψηλής ακριβείας, ο χρήστης πρέπει να επιλέξει το κατάλληλο γεωδαιτικό σύστημα του δέκτη ταυτίζοντάς το με το γεωδαιτικό σύστημα του αντίστοιχου ναυτικού χάρτη (WGS-84, ED-50, Indian Datum κλπ.).

### **Επιλογή ελάχιστου γωνιακού ύψους λαμβανομένων δορυφορικών σημάτων.**

Οι περισσότεροι δέκτες GPS έχουν τη δυνατότητα να απορρίπτουν τα σήματα που λαμβάνονται από δορυφόρους με χαμηλό γωνιακό ύψος για περιορισμό των σφαλμάτων λόγω διαθλάσεως ή ανακλάσεως από παραπλήσια αντικείμενα, όπως κτήρια, υπερκατασκευές πλοίων κλπ.

### **Ενδείξεις παραμέτρων αξιοπιστίας στίγματος.**

Για τη διευκόλυνση του χρήστη στην αξιολόγηση της ακριβείας του παρεχομένου στίγματος, οι περισσότεροι δέκτες παρέχουν ενδείξεις των παραμέτρων FOM και GDOP.

### **Παροχή στοιχείων πορείας, ταχύτητας και χρόνου.**

Όλοι οι ναυτιλιακοί δέκτες GPS έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν ακριβή στοιχεία της ταχύτητας και πορείας του σκάφους και ακριβή χρόνο.

### **Επίλυση ναυτιλιακών προβλημάτων.**

Εκτός από την παροχή των ανωτέρω στοιχείων, οι δέκτες GPS έχουν τη δυνατότητα να επιλύουν διάφορα ναυτιλιακά προβλήματα όπως π.χ. ακολουθητέα πορεία για άφιξη σε διάφορα σημεία προορισμού, απόσταση και διόπτυση της εκάστοτε θέσεως του δέκτη από το επόμενο σημείο προορισμού κλπ.

### **Συνδυασμός συστήματος GPS με συστήματα απεικονίσεως ηλεκτρονικού χάρτη.**

Όλοι σχεδόν οι σύγχρονοι δέκτες GPS έχουν τη δυνατότητα να συνδέονται με συστήματα απεικονίσεως ηλεκτρονικού χάρτη και πληροφοριών (Electronic Chart and Display Information Systems- ECDIS) για την απεικόνιση της πραγματικής θέσεως του πλοίου, της ακολουθούμενης πορείας (διαδρομής) κ.α.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

### ΣΥΝΘΕΤΟΙ ΔΕΚΤΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΣΤΙΓΜΑΤΟΣ

#### 8.1 Σύνθετοι δέκτες συστημάτων προσδιορισμού στίγματος.

Εκτός από τους απλούς δέκτες των ηλεκτρονικών συστημάτων προσδιορισμού στίγματος (LORAN-C, OMEGA, DECCA, GPS), κυκλοφορούν στην αγορά και ορισμένοι σύνθετοι δέκτες οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να προσδιορίζουν το στίγμα του σκάφους με χρησιμοποίηση στοιχείων τα οποία προέρχονται από διαφορετικά συστήματα όπως π.χ. σύνθετος δέκτης GPS, LORAN-C, DECCA του σχήματος 8.1a και ο σύνθετος δέκτης LORAN-C, GPS του σχήματος 8.1β.

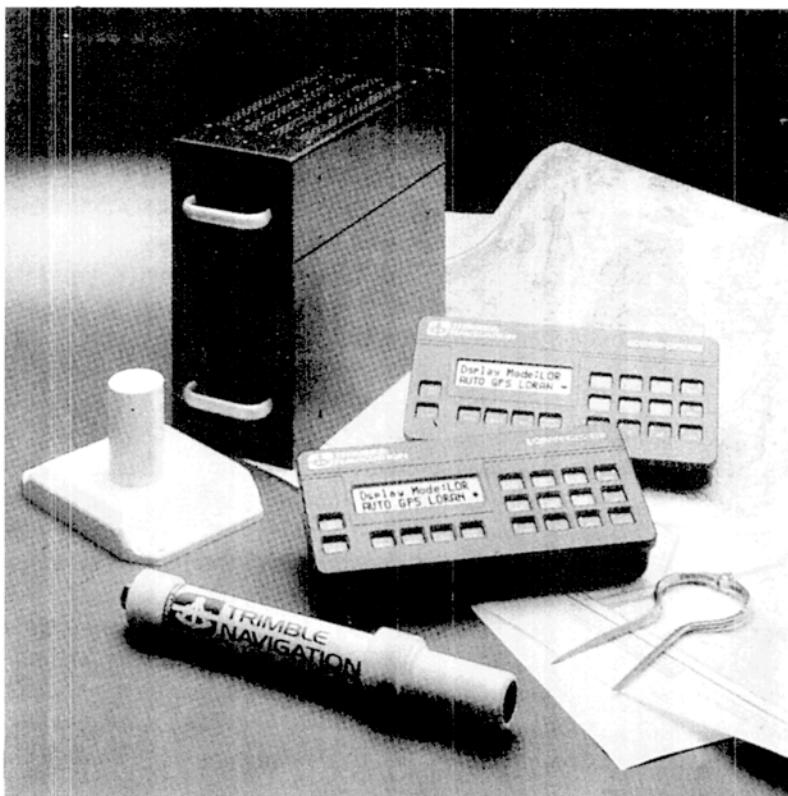
Οι σύνθετοι αυτοί δέκτες έχουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Με τη βοήθεια μιας μόνο συσκευής πολύ μικρών διαστάσεων, που πολλές φορές είναι κυριολεκτικά φορητή, είναι δυνατό να προσδιορισθεί το στίγμα από διαφορετικά συστήματα, π.χ. LORAN-C, GPS, OMEGA, DECCA κλπ.
- Τα στοιχεία ενός συστήματος προσδιορισμού στίγματος χρησιμοποιούνται για τη βαθμονόμηση και συμπλήρωση των αδυναμιών κάποιου άλλου, π.χ. στο συνδυασμένο δέκτη OMEGA/GPS δεν απαιτούνται διορθώσεις διαδόσεως των σημάτων OMEGA, γιατί γίνονται με τη βοήθεια των στοιχείων του συστήματος GPS.



Σχ. 8.1a.

Συνδυασμένος δέκτης GPS, LORAN-C και DECCA.



**Σχ. 8.1β.**  
Συνδυασμένος δέκτης LORAN-C και GPS.

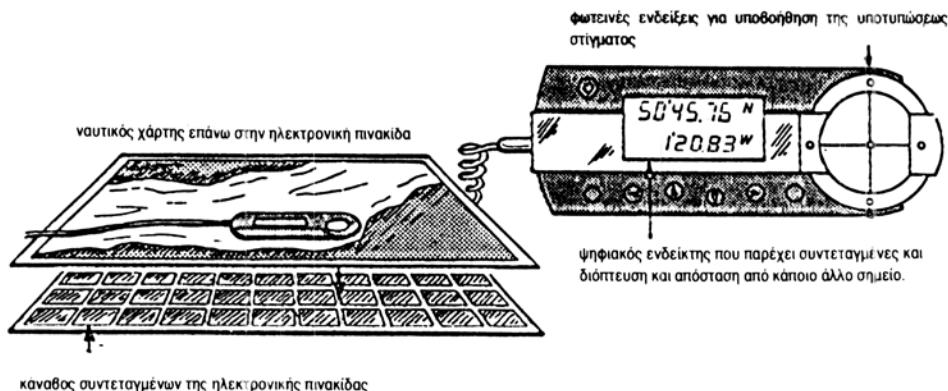
## 8.2 Ηλεκτρονικές πινακίδες και τράπεζες υποτυπώσεως ναυτικών χαρτών.

Οι κλασσικές μέθοδοι εργασίας του ναυτιλόμενου επάνω στο ναυτικό χάρτη με το διπαράλληλο και το διαβήτη είναι δυνατό να εκτελεσθούν και με τη χρησιμοποίηση των ηλεκτρονικών πινακίδων και τραπεζών υποτυπώσεως με τη βοήθεια των οποίων είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί ένας ναυτικός χάρτης χωρίς διπαράλληλο και διαβήτη προκειμένου να εκτελεσθούν οι επόμενες εργασίες:

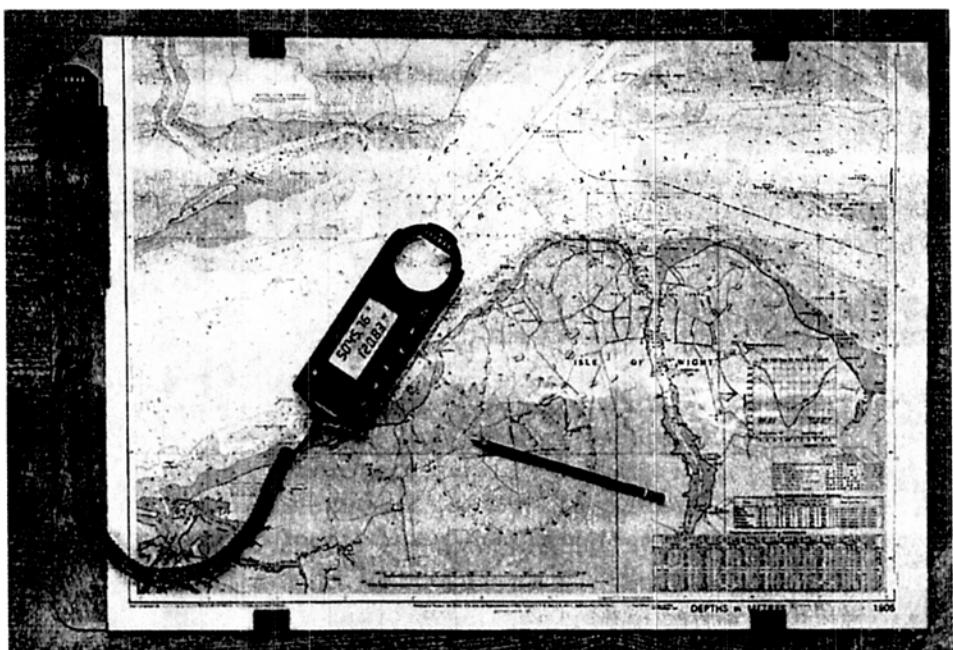
- Προσδιορισμός συντεταγμένων οποιουδήποτε σημείου του χάρτη.
- Προσδιορισμός της διοπτεύσεως ενός σημείου από κάποιο άλλο.
- Προσδιορισμός της αποστάσεως μεταξύ δύο σημείων.
- Υποτύπωση σημείων γνωστών γεωγραφικών συντεταγμένων.

Η λειτουργία των ηλεκτρονικών πινακίδων και των τραπεζών υποτυπώσεως (σχ. 8.2α) στηρίζεται στις εξής αρχές:

- Η πινακίδα διαθέτει ηλεκτρονικό κάνναβο συντεταγμένων (σχ. 8.2α) ο οποίος στηρίζεται σε ένα πλέγμα καλωδίων για τον προσδιορισμό και



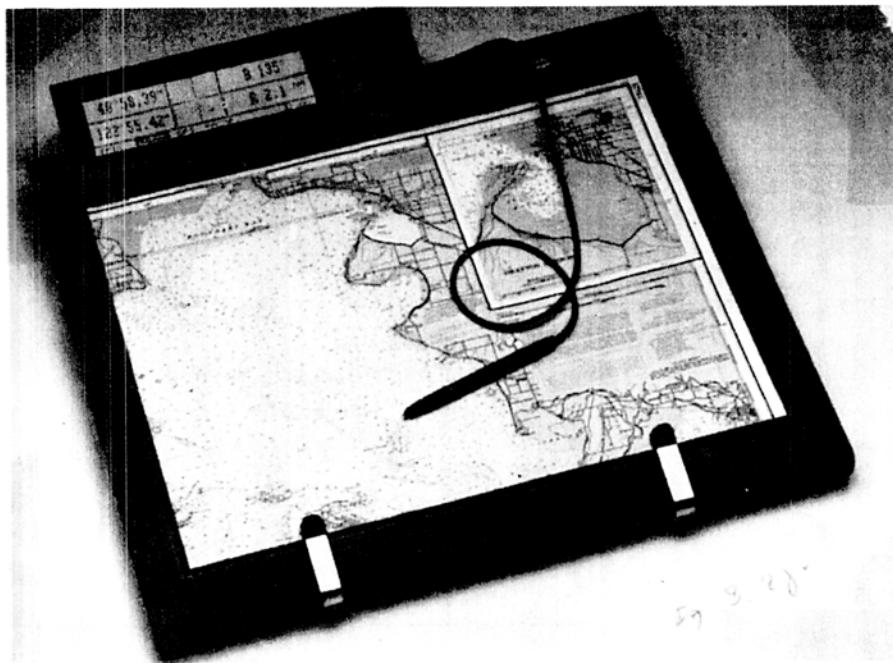
**Σχ. 8.2α.**  
Αρχή λειτουργίας ηλεκτρονικής πινακίδας υποτυπώσεως.



**Σχ. 8.2β.**  
Ηλεκτρονική πινακίδα υποτυπώσεως με σταυρόνημα.

συσχετισμό των συντεταγμένων σημείων του ναυτικού χάρτη ο οποίος τοποθετείται επάνω στην πινακίδα (σχ. 8.2α, 8.2β και 8.2γ).

- Για τη χρησιμοποίηση της πινακίδας με ένα χάρτη πρέπει κατ' αρχήν να γίνει αγκίστρωση του χάρτη στο σύστημα ηλεκτρονικών συντεταγμένων



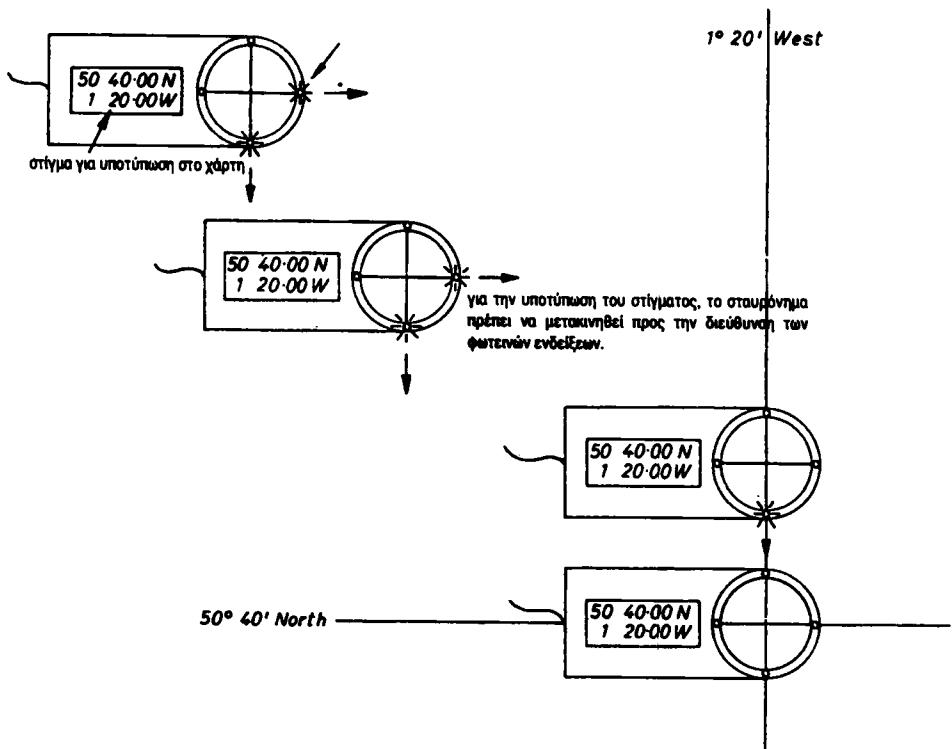
**Σχ. 8.2γ.**  
Ηλεκτρονική πινακίδα υποτυπώσεως με ηλεκτρονικό μολύβι.

της πινακίδας. Η αγκίστρωση αυτή γίνεται με καταχώρηση των συντεγμένων δύο τουλάχιστον σημείων του χάρτη τα οποία προσδιορίζονται με το ηλεκτρονικό σταυρόνημα (σχ. 8.2α και 8.2β) ή το ηλεκτρονικό μολύβι (σχ. 8.2γ).

- Μετά την αγκίστρωση του ναυτικού χάρτη στην πινακίδα, παρέχονται απ' ευθείας οι ενδείξεις των γεωγραφικών συντεταγμένων οποιουδήποτε σημείου στο οποίο τοποθετείται το σταυρόνημα ή το ηλεκτρονικό μολύβι καθώς και η διόπτρευση και η απόσταση οποιουδήποτε σημείου από κάποιο άλλο.
- Η υποτύπωση οποιουδήποτε στίγματος, π.χ. των ενδείξεων ενός ηλεκτρονικού συστήματος προσδιορισμού στίγματος κλπ. γίνεται εύκολα με κατάλληλη μετακίνηση του σταυρονήματος ή του ηλεκτρονικού μολυβιού μέχρις ότου οι ενδείξεις των συντεταγμένων ταυτιστούν με αυτές του καταχωρούμενου σημείου.

Για την υποβοήθηση της καταχωρήσεως αυτής συνήθως υπάρχουν φωτεινές ενδείξεις οι οποίες υποδεικνύουν τη διεύθυνση (αριστερά, δεξιά, επάνω, κάτω) προς την οποία πρέπει να κινηθεί το σταυρόνημα ή το ηλεκτρονικό μολύβι (σχ. 8.2γ και 8.2δ).

Στα σχήματα 8.2β και 8.2γ φαίνονται δύο αντιτροσωπευτικοί τύποι ηλεκτρονικών πινακίδων υποτυπώσεως. Οι πινακίδες αυτές είναι φορητές και



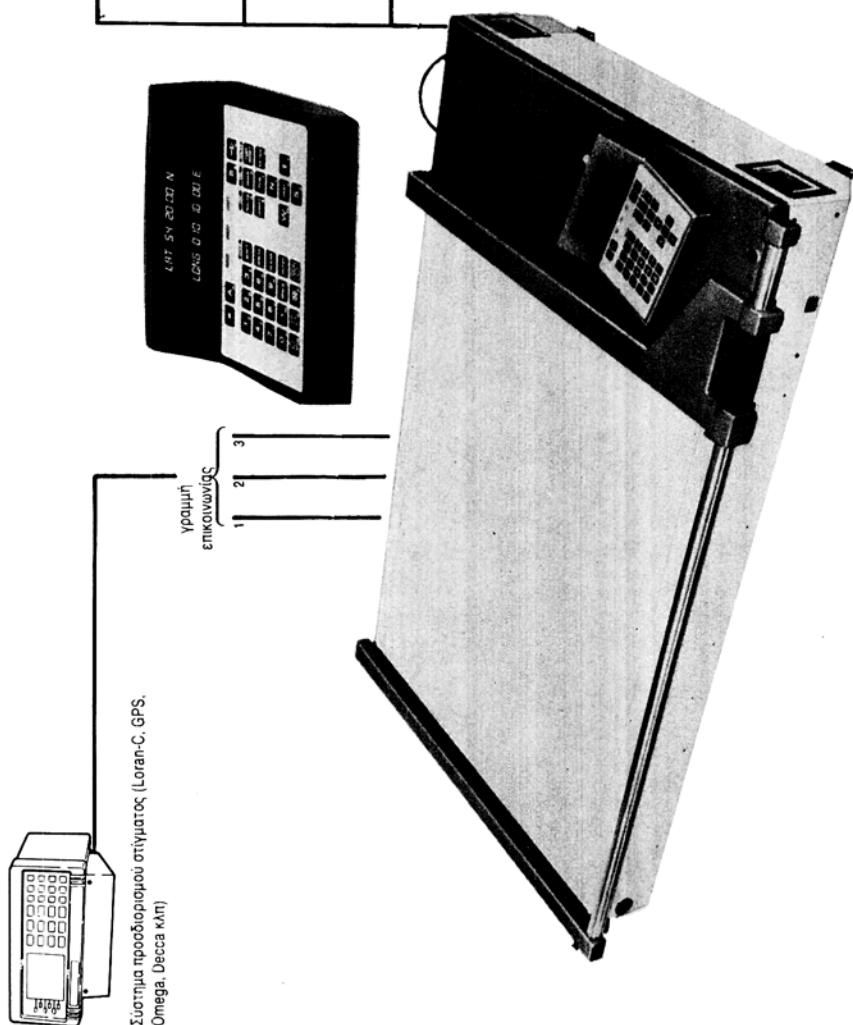
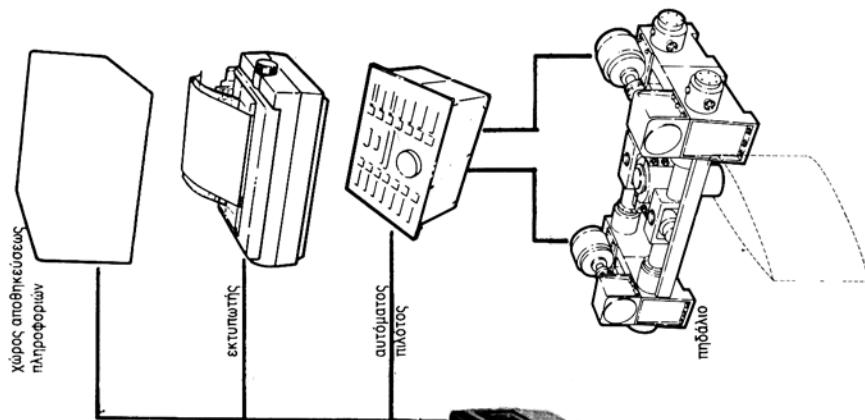
**Σχ. 8.2δ.**  
Υποτύπωση στίγματος ηλεκτρονικής πινακίδας.

παρά τις μικρές τους διαστάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν με ναυτικό χάρτη μεγαλυτέρων διαστάσεων διπλωμένο στις κατάληλες διαστάσεις.

Στο σχήμα 8.2ε φαίνεται μία ηλεκτρονική τράπεζα υποτυπώσεως για μόνιμη εγκατάσταση σε μεγάλα πλοία. Η χρησιμοποίηση του ναυτικού χάρτη με την ηλεκτρονική τράπεζα υποτυπώσεως του σχήματος 8.2ε γίνεται με τρόπο ανάλογο αυτών που χρησιμοποιούνται στις πινακίδες των σχημάτων 8.2β και 8.2γ.

Η κύρια διαφορά της ηλεκτρονικής τράπεζας του σχήματος 8.2ε από τις ηλεκτρονικές πινακίδες των σχημάτων 8.2β και 8.2γ είναι ότι στην ηλεκτρονική τράπεζα υποτυπώσεως του σχήματος 8.2ε η θέση (στίγμα) του πλοίου εμφανίζεται συνεχώς στο χάρτη σαν μία φωτεινή κηλίδα με ένα σύστημα φωτεινής δέσμης η οποία κινείται ανάλογα με τα στοιχεία που παρέχονται από το σύστημα προσδιορισμού στίγματος το οποίο είναι συνδεδεμένο με την ηλεκτρονική τράπεζα.

Η συνεχής εμφάνιση της θέσεως του πλοίου επάνω στο χάρτη της τράπεζας υποτυπώσεως του σχήματος 8.2ε επιτυγχάνεται με σύνδεση της τράπεζας υποτυπώσεως με το ηλεκτρονικό σύστημα προσδιορισμού στίγματος το οποίο χρησιμοποιείται από το πλοίο.



**Σχ. 8.2ε.**  
Ηλεκτρονική τρίπλεξ αποτυπώσωσης.

Με τον τρόπο αυτό η ηλεκτρονική τράπεζα υποτυπώσεως του σχήματος 8.2ε εκτός από την παροχή όλων των δυνατοτήτων των πινακίδων υποτυπώσεως των σχημάτων 8.2β και 8.2γ αποτελεί και έναν πορειογράφο μεγάλης ακριβείας δεδομένου ότι η θέση του πλοίου δεν προσδιορίζεται με βάση τα στοιχεία αναμετρήσεως (σύνδεση με δρομόμετρο και γυροπιδίδα) όπως στους κλασσικούς πορειογράφους, αλλά με βάση το εκάστοτε στίγμα το οποίο παρέχεται από το ηλεκτρονικό σύστημα προσδιορισμού στίγματος του πλοίου (LORAN-C , GPS κλπ).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΧΑΡΤΗ

#### 9.1 Γενικά περί συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη.

Τα πρώτα αυτόματα συστήματα πλοηγήσεως με χρήση κάποιας μορφής ηλεκτρονικού χάρτη εμφανίστηκαν στο εμπόριο κατά τις αρχές της δεκαετίας του 1980.

Το βασικό χαρακτηριστικό των συστημάτων αυτών, γνωστών και ως συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη (Electronic Chart Systems - ECS), ήταν η γραφική απεικόνιση της θέσεως (στίγματος) που παρέχει ένα ηλεκτρονικό σύστημα προσδιορισμού στίγματος στην οθόνη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, σε συνδυασμό με την ταυτόχρονη εμφάνιση κάποιας μορφής ναυτικού χάρτη της περιοχής. Με τον τρόπο αυτό ο ναυτιλλόμενος είχε συνεχή οπτικό έλεγχο της θέσεως του σκάφους στον ηλεκτρονικό χάρτη του συστήματος.

Όλα σχεδόν τα συστήματα της κατηγορίας αυτής είχαν τη δυνατότητα απεικονίσεως εκτός από τη θέση του σκάφους και της σχεδιασθείσας πορείας, καθώς και της εμφανίσεως του (ηλεκτρονικού) χάρτη της περιοχής σε διάφορες κλίμακες.

Οι ηλεκτρονικοί χάρτες των συστημάτων της κατηγορίας αυτής παράγονταν συνήθως από την εταιρεία κατασκευής του συστήματος χωρίς επίσημες προδιαγραφές και κατά κανόνα περιείχαν ορισμένα μόνο από τα στοιχεία των εντύπων ναυτικών χαρτών που εκδίδονταν από τις υδρογραφικές υπηρεσίες διαφόρων χωρών, όπως γενική μορφή ακτογραμμής και επιλεγμένες ισοβαθείς και βάθη.

Αν και τα πρώτα συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη διευκόλυναν πολύ τη σχεδίαση και εκτέλεση του πλου, λόγω των ελλιπών χαρτογραφικών στοιχείων που εμφανίζουν στην οθόνη τους η χρησιμοποίησή τους δεν απάλλασσε το ναυτιλλόμενο από την υποχρέωση χρησιμοποίησεως του παραδοσιακού έντυπου ναυτικού χάρτη και των επισήμων ναυτιλιακών εκδόσεων (πλοηγών, φαροδεικτών κλπ) για την εξασφάλιση της ασφάλειας του πλου.

Με την πάροδο του χρόνου έγινε προφανής η ανάγκη παραγωγής ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών που θα εξασφάλιζαν την πληρότητα και ορθότητα των απεικονιζομένων χαρτογραφικών και ναυτιλιακών στοιχείων.

Αποτέλεσμα της ανωτέρω ανάγκης ήταν η εξέταση του θέματος από το Διεθνή Υδρογραφικό Οργανισμό (IHO) και το Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό

(IMO) για την έκδοση λεπτομερών προδιαγραφών συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη, η εφαρμογή των οποίων θα εξασφάλιζε την ασφάλεια του πλου χωρίς απαίτηση (έστω και συμπληρωματικής χρήσεως) έντυπου ναυτικού χάρτη.

Χαρακτηριστικό σταθμό στην εξέλιξη των μεθόδων ναυσιπλοΐας αποτελεί η απόφαση της 65ης Ολομέλειας του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) το Νοέμβριο του 1995 να τροποποιηθεί η οδηγία V20 της συνθήκης SOLAS 74 που αναφέρεται στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας. Με την απόφαση αυτή αναγνωρίζεται το σύστημα ηλεκτρονικού χάρτη ECDIS σαν επίσημο ναυτιλιακό βοήθημα, ισοδύναμο του έντυπου παραδοσιακού ναυτικού χάρτη.

## 9.2 Μορφές ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών.

Προϋπόθεση για τη λειτουργία ενός συστήματος ηλεκτρονικού χάρτη αποτελεί η ύπαρξη μιας βάσεως δεδομένων που αποτελείται από ψηφιακά χαρτογραφικά στοιχεία. Τα ψηφιακά αυτά δεδομένα κατατάσσονται στις επόμενες μορφές:

- Διανυσματική δομή (vector format).
- Ψηφιδωτή δομή (raster format).

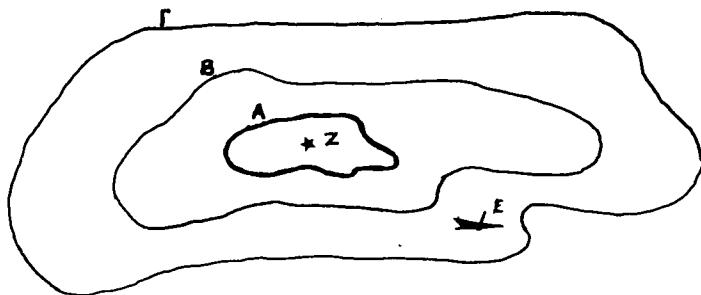
### 9.2.1 Διανυσματική δομή (*vector format*).

Η διανυσματική δομή στηρίζεται στην ανάλυση του χάρτη σε επί μέρους στοιχεία που είναι γραμμές. Κάθε γραμμή ορίζεται από διαδοχικά ευθύγραμμα τμήματα (διανύσματα) τα οποία προσδιορίζονται με τις συντεταγμένες δύο σημείων (αρχής και τέλους). Η απόδοση του χάρτη γίνεται με το συνδυασμό των επί μέρους γραμμών οι οποίες είναι δυνατόν να απεικονίζονται με διαφορετικό συμβολισμό (είδος γραμμής, πάχος γραμμής, χρώμα κλπ.).

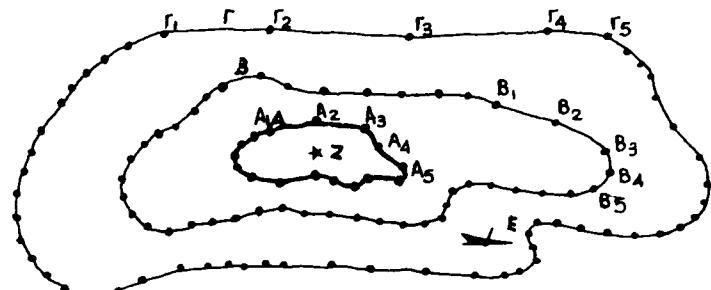
Τα μεμονωμένα σημεία ενός χάρτη όπως βάθη, φάροι, σημαντήρες, ναυάγια κλπ. ορίζονται σαν γραμμές μηδενικού μήκους [ένα σημείο με συντεταγμένες (x,y)], ενώ οι επιφάνειες ορίζονται σαν ένα σύνολο κλειστών γραμμών.

Αν εξετάσουμε ως παράδειγμα το χάρτη του σχήματος 9.2(1) που αποτελείται από μία νήσο, δύο ισοβαθείς, ένα φανό και ένα ναυάγιο, η ψηφιοποίησή του σε διανυσματική μορφή μπορεί να γίνει με την ανάλυσή του στα επόμενα 5 στοιχεία:

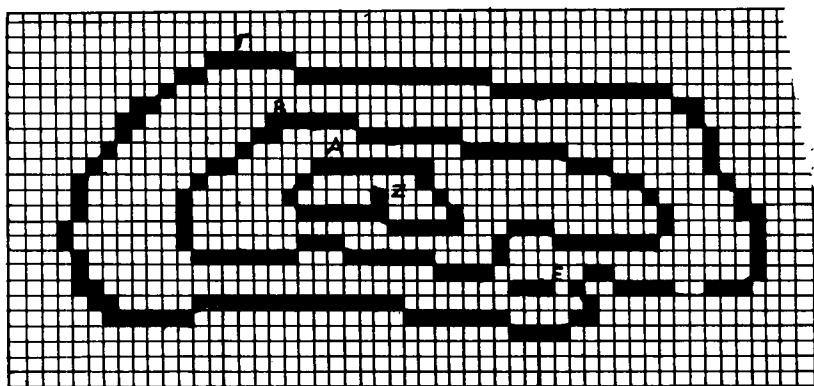
- Στοιχείο 1ο : Η γραμμή Α (ακτογραμμή νήσου) η οποία ορίζεται από τα ευθύγραμμα τμήματα (διανύσματα)  $A_1A_2$ ,  $A_2A_3$ ,  $A_3A_4$ , . . . . κ.ο.κ., τα οποία προσδιορίζονται με τις συντεταγμένες των σημείων αρχής και πέρατός τους ( $A_1$ ,  $A_2$ , . . . . κ.ο.κ.).
- Στοιχεία 2ο και 3ο : Οι γραμμές Β και Γ αντιστοιχούν στις ισοβαθείς και προσδιορίζονται όπως και η γραμμή Α.
- Στοιχείο 4ο : Φανός Ε που προσδιορίζεται με τις συντεταγμένες ( $x_E$ ,  $y_E$ ) ενός διανύσματος μηδενικού μήκους (σημείο Ε).
- Στοιχείο 5ο : Ναυάγιο Ζ που προσδιορίζεται όπως ο φανός Ε.



1. Χάρτης που πρόκειται να ψηφιοποιηθεί.



2. Ψηφιοποίηση σε διανυσματική δομή (vector format).



3. Ψηφιοποίηση σε ψηφιδωτή δομή (raster format).

### Σχ. 9.2.

Ψηφιοποίηση χάρτη σε διανυσματική (vector) και ψηφιδωτή (raster) δομή.

### **9.2.2 Ψηφιδωτή δομή (raster format).**

Στην ψηφιδωτή δομή (raster format) ο χάρτης θεωρείται ως ένα ενιαίο σύνολο το οποίο έχει χωριστεί σε επί μέρους στοιχειώδη τμήματα που λέγονται ψηφίδες ή εικονοψηφίδες (picture elements). Κάθε εικονοψηφίδα προσδιορίζεται με τις συντεταγμένες (x,y) και το χρώμα της. Η απόδοση του χάρτη (σε μορφή ψηφιδωτού) γίνεται με το συνδυασμό των εικονοψηφίδων.

Εξετάζοντας ως παράδειγμα το χάρτη του σχήματος 9.2(1) [του οποίου εξετάστηκε ήδη ο τρόπος ψηφιοποίησεώς του σε διανυσματική δομή στο σχήμα 9.2(2)] η ψηφιοποίησή του σε ψηφιδωτή δομή γίνεται με την ανάλυσή του σε εικονοψηφίδες όπως στο σχήμα 9.2(3). Οι εικονοψηφίδες που περιέχουν τμήμα μιας γραμμής απεικονίζονται με μαύρο χρώμα, ενώ όσες δεν περιέχουν τμήμα κάποιας γραμμής απεικονίζονται με χρώμα λευκό. Στην περίπτωση που ο χάρτης είναι έγχρωμος οι εικονοψηφίδες που τον ορίζουν λαμβάνουν διαφορετικό χρώμα για κάθε περιοχή.

Η ευκρίνεια αποδόσεως των γραμμικών και σημειακών στοιχείων ενός χάρτη σε ψηφιδωτή δομή εξαρτάται από το μέγεθος των εικονοψηφίδων (όσο μικρότερο είναι το μέγεθος των εικονοψηφίδων τόσο καλύτερη είναι η απόδοση). Εντούτοις η ελάττωση του μεγέθους των εικονοψηφίδων ενός χάρτη ψηφιδωτής δομής αυξάνει τον αριθμό τους με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πολύ μεγάλα ψηφιακά αρχεία.

### **9.2.3 Πλεονεκτήματα - μειονεκτήματα ηλεκτρονικών χαρτών διανυσματικής-ψηφιδωτής δομής.**

Η διανυσματική δομή (vector format) έχει το πλεονέκτημα ότι η επεξεργασία και απεικόνηση των χαρτογραφικών στοιχείων από τον χρήστη σε χάρτες διανυσματικής δομής παρέχει περισσότερες λειτουργικές δυνατότητες έναντι των ναυτικών χαρτών ψηφιδωτής δομής (raster format) ορισμένες από τις οποίες είναι οι εξής:

- Δυνατότητα λογικής επεξεργασίας των χαρτογραφικών στοιχείων, ώστε να παρέχεται ειδοποίηση του ναυτιλιαρχείου σε περίπτωση ναυτιλιακού κινδύνου (π.χ. περίπτωση προσεγγίσεως ισοβαθούς ασφαλείας).
- Δυνατότητα μεγενθύνσεως της απεικονιζόμενης περιοχής χωρίς να δημιουργείται ελλάτωση της ευκρίνειας των απεικονιζομένων χαρτογραφικών πληροφοριών.
- Δυνατότητα επιλεκτικής απεικόνισεως των στοιχείων του χάρτη. Π.χ. είναι δυνατό να αποδοθεί μόνο η ακτογραμμή και ορισμένες ισοβαθείς, ή μόνο τα βάθη που είναι μικρότερα από κάποια τιμή κλπ.
- Δυνατότητα απεικόνισεως συμπληρωματικών ναυτιλιακών πληροφοριών (φαροδείκτης, ναυτιλιακές οδηγίες κλπ)

Η ψηφιδωτή δομή (raster format) παρά τα προαναφερθέντα μειονεκτήματά της έναντι της διανυσματικής δομής (vector format) έχει το πλεονέκτημα ότι η ψηφιοποίηση του χάρτη γίνεται εύκολα και γρήγορα με τη χρήση ενός

σαρωτή (scanner) ο οποίος σαρώνει (φωτογραφίζει) τον πρωτότυπο χάρτη χωρίς να απαιτείται ειδική επέμβαση για επιλογή, αξιολόγηση, ταξινόμηση και επεξεργασία, των χαρτογραφικών στοιχείων σε διάφορες κατηγορίες (βαθυμετρία, φανοί, ναυάγια, ναυτιλιακοί κίνδυνοι, ακτογραμμή, τοπογραφία, κλπ.).

Επειδή η διαδικασία παραγωγής ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών σε διανυσματική δομή (vector format) είναι χρονοβόρος και δαπανηρή γιατί απαιτεί τεράστια τεχνική υποδομή και εξειδικευμένο πρόσωπικό, δεν κυκλοφορούν επί του παρόντος χάρτες διανυσματικής δομής για όλες τις θαλάσσιες περιοχές. Το κενό αυτό καλύπτεται με ηλεκτρονικούς ναυτικούς χάρτες σε ψηφιδωτή δομή (raster format) οποίοι παράγονται εύκολα και γρήγορα με την ψηφιοποίηση με σάρωση (scanning) των εντύπων ναυτικών χαρτών που εκδίδονται από τις διάφορες υδρογραφικές υπηρεσίες. Για το λόγο αυτό αρκετά συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη έχουν τη δυνατότητα ταυτόχρονης χρησιμοποιήσεως ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών σε οποιαδήποτε δομή.

#### **9.2.4 Σύγκριση δυνατοτήτων έντυπων και ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών.**

Στον πίνακα 9.2.1 φαίνεται η σύγκριση των λειτουργικών δυνατοτήτων των παραδοσιακών έντυπων ναυτικών χαρτών και των ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών ψηφιδωτής και διανυσματικής δομής.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 9.2.1**

**Σύγκριση δυνατοτήτων εντύπων και ψηφιακών ναυτικών χαρτών.**

Λειτουργία	Έντυπος χάρτης	Ηλεκτρονικός χάρτης σε ψηφιδωτή δομή (raster format)	Ηλεκτρονικός χάρτης σε διανυσματική δομή (vector format)
Αυτόματη και συνεχής υποτύπωση της θέσης του σκάφους.	OXI	NAI	NAI
Απεικόνιση συμπληρωματικών ναυτιλιακών πληροφοριών (φαροδείκτης, ναυτιλιακές οδηγίες κλπ.).	OXI	OXI	NAI
Απεικόνιση πληροφοριών που μεταβάλλονται με το χρόνο (παλίρροιες).	OXI	OXI	NAI
Επιλεκτική απεικόνηση των στοιχείων του χάρτη.	OXI	OXI	NAI
Αυτόματη ενεργοποίηση ενδείξεων και προειδοποιήσεων ναυτιλιακών κινδύνων.	OXI	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗ	NAI
Συνδυασμός των χαρτογραφικών στοιχείων με την εικόνα του ραντάρ.	OXI	OXI	NAI
Επιλογή κλίμακας απεικόνισεως χαρτογραφικών στοιχείων.	OXI	OXI	NAI
Αυτόματη διόρθωση του χάρτη με αγγελίες για τους ναυτιλλόμενους.	OXI	NAI	NAI

### **9.3 Γενικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες συστημάτων ECDIS.**

Σύμφωνα με την απόφαση 128 της 65ης συνόδου της ολομέλειας του IMO (Νοέμβριος 1995), τα συστήματα ECDIS (Electronic Chart and Display Information System) αποτελούν επίσημο ναυτιλιακό βοήθημα ισοδύναμο του έντυπου ναυτικού χάρτη. Τα συστήματα αυτά παρέχουν στο ναυτιλλόμενο τη δυνατότητα εύκολης και άμεσης εκτελέσεως όλων των εργασιών και διαδικασιών που απαιτούνται για την ασφαλή εκτέλεση του πλου με τη χρησιμοποίηση του λογισμικού και της βάσεως δεδομένων του συστήματος.

Τα συστήματα ECDIS κατά τη διάρκεια του πλου συνδυάζουν διάφορες πληροφορίες που προέρχονται από τα ηλεκτρονικά ναυτικά όργανα του σκάφους, τους ναυτικούς χάρτες και την εικόνα του ραντάρ, παρέχοντας στον αξιωματικό φυλακής γέφυρας όλα τα απαραίτητα για την πλοιήγηση του πλοίου στοιχεία. Η άμεση απεικόνιση στην οθόνη του συστήματος της θέσεως (στίγματος) και της ακολουθούμενης πορείας του σκάφους, μαζί με τα στοιχεία του ναυτικού χάρτη και την εικόνα του ραντάρ, μειώνει σημαντικά την ένταση εργασίας στη γέφυρα και συμβάλλει σημαντικά στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, παρέχοντας τη δυνατότητα λήψεως άμεσων και σωστών αποφάσεων (σχ. 9.3).

Η αναλυτική παρουσίαση των βασικών αρχών λειτουργίας ενός συστήματος ECDIS, τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μονάδων που το απαρτίζουν, το περιεχόμενο, η δομή (format) και ο συμβολισμός των χαρτογραφικών χαρακτηριστικών, ο τρόπος ενημερώσεώς του με νεότερα στοιχεία και όλα χαρακτηριστικά και δυνατότητες του συστήματος περιέχονται σε ειδικές εκδόσεις του Διεθνούς Ναυτιλιακού και Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού όπως:

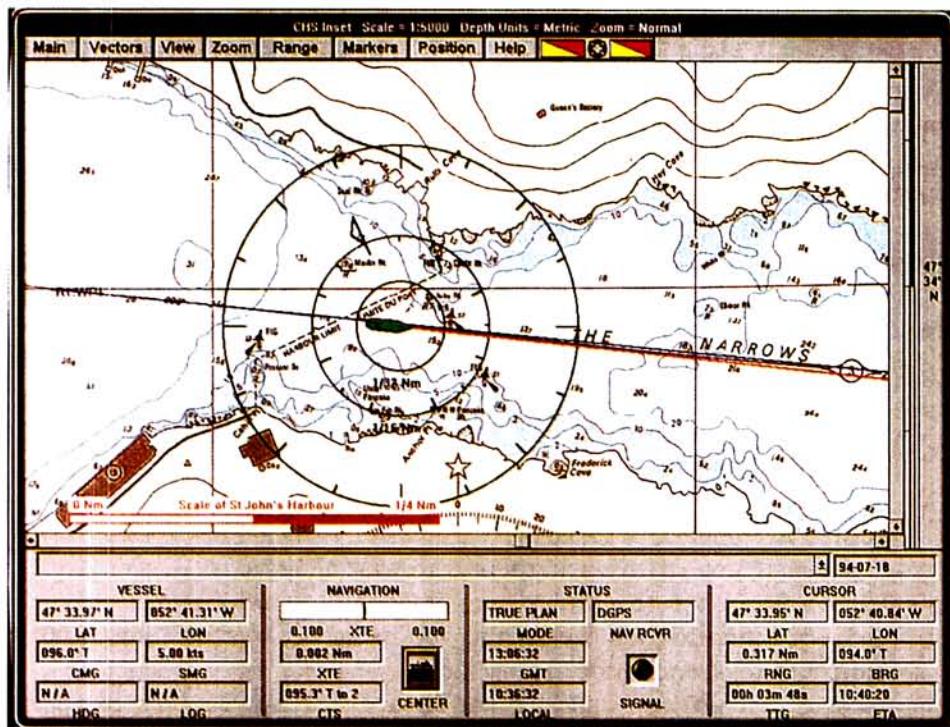
- IHO Transfer Standard for Digital Hydrographic Data. Special Publication 57 (S 57).
- IHO Specifications for Chart Content and Display Aspects of ECDIS. Special Publication 52 (S 52).
- IMO Performance Standards for ECDIS.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα κυριότερα γενικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες που πρέπει να έχει ένα σύστημα ECDIS.

#### **9.3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος και οθόνης.**

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές των Διεθνών Ναυτιλιακών Οργανισμών (IHO) και του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού το σύστημα ECDIS πρέπει να έχει τα κάτωθι τεχνικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες:

- Τη δυνατότητα να καλύπτει διακοπές ηλεκτρικής τροφοδοτήσεως διάρκειας 45 min.
- Η οθόνη του συστήματος πρέπει να είναι έγχρωμη με δυνατότητα απεικόνισεως 64 τουλάχιστον χρωμάτων.



**Σχ. 9.3.**  
Οθόνη συστήματος ηλεκτρονικού χάρτη ECDIS.

- Το μέγεθος του απεικονιζόμενου στην οθόνη χάρτη δεν πρέπει να είναι μικρότερο από 270 mm x 270 mm.
- Η σχεδίαση ενός χάρτη στην οθόνη πρέπει να γίνεται εντός 5 min.
- Η ρύθμιση των χρωμάτων και του φωτισμού της οθόνης πρέπει να γίνεται με τη βοήθεια του λογισμικού και όχι με χρήση διακοπτών ή πλήκτρων της συσκευής.
- Η απεικόνιση των χαρτογραφικών στοιχείων στην οθόνη του συστήματος κατά την ημέρα και τη νύχτα πρέπει να γίνεται με τα προβλεπόμενα από τις προδιαγραφές του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού χρώματα, ώστε να εξασφαλίζεται η κατά περίπτωση καλύτερη απόδοση και ευκρίνεια.

### 9.3.2 Βάση δεδομένων συστήματος ECDIS.

Προϋπόθεση για τη λειτουργία ενός συστήματος ECDIS είναι να διαθέτει τα κατάλληλα χαρτογραφικά και ναυτιλιακά στοιχεία για την περιοχή του πλοου.

Τα ανωτέρω στοιχεία περιέχονται στη βάση δεδομένων του συστήματος (SENC - System Electronic Navigational Chart) η οποία αποτελείται από τους ηλεκτρονικούς ναυτικούς χάρτες (Electronic Navigational Charts ENC), τις ενημερώσεις τους με νεώτερα στοιχεία (updates) και άλλα βοηθητικά στοιχεία που συλλέγονται από διάφορα συστήματα του σκάφους όπως ηλεκτρονικά συστήματα προσδιορισμού στίγματος, βιθόμετρο κ.α.

Οι χαρτογραφικές και ναυτιλιακές πληροφορίες της βάσεως δεδομένων του συστήματος ECDIS πρέπει να καλύπτουν τις ανάγκες σχεδιάσεως και εκτελέσεως του πλου από το ναυτιλλόμενο. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού οι πληροφορίες αυτές είναι:

- Στοιχεία από τους ναυτικούς χάρτες όπως : ακτογραμμή, ισοβαθείς, σημαντήρες, φανοί, ναυάγια κλπ.
- Περιοχές απαγορευμένες για τη ναυσιπλοΐα, πεδία βολής, περιοχές ασκήσεως υποβρυχών κ.α.
- Συμπληρωματικές πληροφορίες από τους φαροδείκτες, πλοηγούς και λοιπές ναυτιλιακές εκδόσεις.
- Σημειώσεις που καταχωρούνται από το ναυτιλλόμενο.
- Σχεδιασθείσα από το ναυτιλλόμενο διαδρομή του πλοίου.
- Διάνυσμα πορείας και ταχύτητας του σκάφους, σχετικές και αληθείς διοπτεύσεις, κύκλοι αποστάσεων κ.α.
- Θέσεις (στίγμα) του σκάφους και δυνατότητα ελέγχου της ακριβείας του με τη χρησιμοποίηση εφεδρικών συστημάτων προσδιορισμού στίγματος.
- Αλφαριθμητικές ενδείξεις στίγματος (γεωγραφικού πλάτους και μήκους), ενδείξεις γυροπιεζίδας, ακολουθούμενης πορείας κ.α.
- Πληροφορίες από την εικόνα του ραντάρ.
- Ενδείξεις και προειδοποίησεις ναυτιλιακών κινδύνων (π.χ. προσέγγιση σε ισοβαθή ασφαλείας ή ενεργοποιημένο πεδίο βολής, απόκλιση από σχεδιασθείσα διαδρομή κλπ.).
- Πιθανώς στοιχεία χειρισμού πλοίου με βάση τα τεχνικά του χαρακτηριστικά (ελικτικά στοιχεία κλπ).
- Υπομνήσεις (π.χ. χρόνος αιτήσεως πλοηγού για την είσοδο σε λιμάνι κ.α.).
- Συμπληρωματικές πληροφορίες από παράκτιες περιοχές (ναυτιλιακή κίνηση κλπ.).
- Πιθανώς ενδείκτες διαφόρων συστημάτων και συσκευών του σκάφους (βιθόμετρα, ενδείκτες μηχανοστασίου κλπ.).

### **9.3.3 Ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες συστήματος ECDIS.**

#### **Περιεχόμενο και δομή ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών ECDIS.**

Το βασικότερο τμήμα της βάσεως δεδομένων του συστήματος ECDIS αποτελείται από τους ηλεκτρονικούς ναυτικούς χάρτες (ENC). Οι χάρτες αυ-

τοί πρέπει να παράγονται σε διανυσματική μορφή (vector format) σύμφωνα με τις προδιαγραφές του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (IHO) και να έχουν την πιστοποίηση των αρμοδίων υδρογραφικών υπηρεσιών για την ποιότητα και καταλληλότητά τους για ναυσιπλοΐα.

Το περιεχόμενο και η δομή (format) των ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών του συστήματος ECDIS και η δομή με την οποία πρέπει να γίνεται η ανταλλαγή των ψηφιακών χαρτογραφικών στοιχείων μεταξύ παραγωγών και χρηστών περιγράφονται στην έκδοση S-57 του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (IHO). Η δομή αυτή είναι γνωστή ως “DX-90”.

Οι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες πρέπει να διαθέτουν την ακρίβεια των στοιχείων των αντιστοίχων εντύπων ναυτικών χαρτών, να στηρίζονται στις πιο πρόσφατες εκδόσεις τους και να ενημερώνονται με τρόπο ανάλογο της ενημερώσεως των εντύπων ναυτικών χαρτών με τις εκδόδουμενες από τις Υδρογραφικές Υπηρεσίες αγγελίες για τους ναυτιλλόμενους.

### **Παραγωγή ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών ECDIS.**

Για την παραγωγή των ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών του συστήματος ECDIS έχει αποφασιστεί η δημιουργία μιας παγκόσμιας χαρτογραφικής βάσεως δεδομένων (WEND-Worldwide Electronic Navigational Chart Data Base).

Η δημιουργία της παγκόσμιας χαρτογραφικής βάσεως δεδομένων (WEND) θα πραγματοποιηθεί σταδιακά μέσω διαφόρων περιφερειακών συντονιστικών κέντρων διαχειρίσεως της βάσεως RECC (Regional ENC Coordinating Center).

Η αποστολή των περιφερειακών συντονιστικών οργάνων (RECC) είναι :

- Η συγκέντρωση των απαραίτητων χαρτογραφικών στοιχείων από τις υδρογραφικές υπηρεσίες των χωρών της περιοχής ευθύνης των κέντρων. Ανάλογα με τις δυνατότητες των διαφόρων Υδρογραφικών Υπηρεσιών τα στοιχεία που θα παρέχουν στο αντίστοιχο συντονιστικό κέντρο είναι δυνατό να είναι σε ψηφιακή μορφή (όχι κατ' ανάγκη στη δομή DX-90 που απαιτούν οι προδιαγραφές των ECDIS) ή ακόμη και σε αναλογική μορφή (έντυποι χάρτες).
- Η δημιουργία των ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ECDIS (σε δομή DX-90).
- Η εγγραφή των ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών (ENC's) σε οπτικούς δίσκους (CD's) και διανομή τους στους χρήστες.
- Η ψηφιοποίηση των αγγελιών για τους ναυτιλλόμενους και ενημέρωση της βάσεως δεδομένων των συντονιστικών κέντρων (ENCDB-Electronic Navigational Chart Data Base).
- Η εκπομπή των ψηφιακών ενημερώσεων των ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών (Updates) προς τους χρήστες μέσω δορυφορικού συστήματος ή τηλεπικοινωνιακού δικτύου.

Μέχρι σήμερα (1997) έχει δημιουργηθεί μόνο ένα συντονιστικό κέντρο (RECC) στη Νορβηγία που καλύπτει κατ' αρχήν τις θαλάσσιες περιοχές της Βορειοδυτικής Ευρώπης.

Η δημιουργία των περιφερειακών συντονιστικών κέντρων (RECC's) διευκολύνει όχι μόνο την παραγωγή και ενημέρωση των ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών (λόγω των τεχνικών δυσχερειών που αντιμετωπίζουν οι διάφορες υδρογραφικές υπηρεσίες) αλλά και την προμήθεια των χρηστών με τα αντίστοιχα CD's και τις ενημερώσεις (updates) των ηλεκτρονικών χαρτών.

Επισημαίνεται ότι πολλές εταιρείες έχουν προβεί στη δική τους παραγωγή ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών για την υποστήριξη του συστήματος ECDIS. Εν τούτοις τα προϊόντα αυτά επειδή δεν έχουν επίσημες πιστοποιήσεις από κάποια υδρογραφική υπηρεσία δεν απαλλάσσουν το ναυτιλιαρχό μενο από την υποχρέωση χρήσεως των εντύπων ναυτικών χαρτών.

### **Ενημέρωση ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών ECDIS.**

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές των IHO τα συστήματα ECDIS πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να:

- Καταχωρούν αυτόματα τις διορθώσεις (updates) των ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών.
- Καταχωρούν διορθώσεις ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών και με χειρωνακτική μέθοδο.
- Καταγράφουν τις καταχωρούμενες διορθώσεις ξεχωριστά από το περιεχόμενο των ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών, ώστε να είναι δυνατή η απεικόνιση και ο έλεγχος κάθε διορθώσεως ξεχωριστά καθώς και η επαναφορά του ναυτικού χάρτη στην οποιαδήποτε προγενέστερη μορφή του.
- Διαχωρίζουν τις επίσημες διορθώσεις που προέρχονται από τις επίσημες υδρογραφικές υπηρεσίες ή τα συντονιστικά κέντρα (RECC's) από οποιεσδήποτε άλλες.

### **9.3.4 Απεικόνιση χαρτογραφικών και ναυτιλιακών στοιχείων στην οθόνη του ECDIS.**

Ο τρόπος οργανώσεως των πληροφοριών που περιέχονται στη βάση δεδομένων του ECDIS (βλ. § 9.3.2) υποβοηθά το χρήστη να εμφανίζει επιλεκτικά στην οθόνη του συστήματος εκείνες τις πληροφορίες (χαρτογραφικές, ναυτιλιακές, εικόνα ραντάρ κλπ) που απαιτούνται κατά περίπτωση (σχ. 10.3a).

Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό των συστημάτων ECDIS είναι η διαφοροποίηση του περιεχομένου της οθόνης ανάλογα με τη χρονική περίοδο του πλοου (ημέρα ή νύχτα) ώστε να εξασφαλίζεται:

- Η απεικόνιση των απαιτουμένων χαρτογραφικών πληροφοριών με τον κατά περίπτωση καταλληλότερο χρωματισμό και φωτεινότητα για την καλύτερη δυνατή απόδοση και ευκρίνειά τους.

- Η απεικόνιση των χαρακτηριστικών των φανών και φωτοσημαντήρων μόνο κατά τη διάρκεια της νύχτας ώστε να μην επιβαρύνεται η εικόνα του συστήματος με περιττές πληροφορίες κατά την ημέρα.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του IMO στα συστήματα ECDIS ο χρήστης πρέπει να έχει τη δυνατότητα να απεικονίζει τα στοιχεία των ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών με τους κάτωθι τρόπους:

- Συνήθης απεικόνιση (Standard display/default display).
- Βασική απεικόνιση (Display Base).
- Λοιπές πληροφορίες.

Η **συνήθης απεικόνιση** είναι η κατάσταση της οθόνης του συστήματος ECDIS που εμφανίζεται αυτόματα με την ενεργοποίησή του. Μετά την ενεργοποίηση του συστήματος ECDIS και την εμφάνιση στην οθόνη της καταστάσεως "συνήθης απεικόνιση" ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να προσθέσει ή να αφαιρέσει πληροφορίες από την οθόνη. Εν τούτοις η αφαίρεση πληροφοριών από την οθόνη δεν είναι απεριόριστη γιατί πρέπει να εξασφαλιστεί ότι πάντοτε θα απεικονίζονται ορισμένες βασικές πληροφορίες που εξασφαλίζουν την ασφάλεια του πλου. Οι βασικές αυτές πληροφορίες που πρέπει να απεικονίζονται οπωσδήποτε στην οθόνη του συστήματος ECDIS αποτελούν την κατάσταση **βασική απεικόνιση**. Πιο αναλυτικά σύμφωνα με τις προδιαγραφές του IHO οι παραπάνω κατηγορίες πληροφοριών περιλαμβάνουν:

### **Βασική απεικόνιση (Display Base).**

Η βασική απεικόνιση περιλαμβάνει τις επόμενες πληροφορίες:

- Ακτογραμμή.
- Ισοβαθής ασφαλείας (επιλέγεται από το χρήστη μεταξύ των ισοβαθών που περιέχονται στους ηλεκτρονικούς ναυτικούς χάρτες του συστήματος ECDIS).
- Ενδείξεις μεμονωμένων υποθαλασσίων κινδύνων με βάθη μικρότερα από την ισοβαθή ασφαλείας που βρίσκονται εντός των ορίων της ισοβαθούς ασφαλείας.
- Ενδείξεις μεμονωμένων επιφανειακών κινδύνων και λοιπών πληροφοριών που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τη σχεδίαση και παρακολούθηση του πλου και βρίσκονται εντός των ορίων της ισοβαθούς ασφαλείας όπως: γέφυρες, εναέρια καλώδια, σημαντήρες, φωτοσημαντήρες κλπ. ανεξάρτητα αν χρησιμοποιούνται ως ναυτιλιακές σημάνσεις.
- Συστήματα θαλάσσιας κυκλοφορίας.
- Ενδείξεις κλίμακας και αποστάσεως, όπως γραμμική κλίμακα αποστάσεων.

### **Συνήθης απεικόνιση (Standard Display / Display Base).**

Η συνήθης απεικόνιση περιλαμβάνει όλες τις πληροφορίες της καταστάσεως "βασική απεικόνιση" και επιπλέον τις επόμενες σημάνσεις και ενδείξεις.

- Ναυτιλιακές σημάνσεις φανών, σημαντήρων, φωτοσημαντήρων ναυαγίων, ενδεικτικών σημείων ευθυγραμμίσεων κλπ.
- Όρια διαύλων, πλωτών διόδων κλπ.
- Διαδρομές πορθμείων.
- Καταφανείς περιοχές και περιοχές καλύψεως ραντάρ.
- Απαγορευμένες περιοχές και περιοχές που διέπονται από περιορισμούς (πεδία βολής, περιοχές ασκήσεως υποβρυχίων κλπ).
- Όρια αλλαγής κλίμακας χάρτη.
- Ενδείξεις μονάδων μετρήσεως βαθών και υψομέτρων.

### **Λοιπές πληροφορίες.**

Οι πληροφορίες της κατηγορίας αυτής πρέπει να περιλαμβάνουν κατ' ελάχιστο τα εξής:

- Μεμονωμένα βάθη.
- Περιγραφή μεμονωμένων κινδύνων.
- Περιγραφή ναυτιλιακών σημάνσεων.
- Προειδοποιητικές σημειώσεις που καταχωρούνται από το χρήστη.
- Ημερομηνία εκδόσεως ηλεκτρονικού ναυτικού χάρτη.
- Γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς.
- Μαγνητική απόκλιση.

### **9.3.5 Σχεδίαση και εκτέλεση πλου.**

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές του IMO η εκτέλεση των διαδικασιών και εργασιών σχεδίασεως και εκτελέσεως του πλου με το σύστημα ECDIS πρέπει να γίνεται ευκολότερα και ταχύτερα από την εκτέλεσή τους με τον παραδοσιακό τρόπο χρησιμοποιήσεως των εντύπων ναυτικών χαρτών. Για το σκοπό αυτό τα συστήματα ECDIS:

- Παρέχουν τη δυνατότητα καταχωρήσεως δύο εναλλακτικών διαδρομών κάθε μία από τις οποίες προσδιορίζεται από μία σειρά σημείων αλλαγής πορείας (way points).
- Επιλύουν προβλήματα ορθοδρομικού πλου για τον προσδιορισμό των σημείων αλλαγής πορείας που προσδιορίζουν το ορθοδρομικό τόξο.
- Επιλύουν προβλήματα λοξοδρομικού πλου για τον υπολογισμό των αποστάσεων και διευθύνσεων (πορειών) μεταξύ των σημείων αλλαγής πορείας της σχεδιασθείσας διαδρομής.
- Υπολογίζουν την ταχύτητα και την πραγματική ως προς το βυθό πορεία του πλοίου και εμφανίζουν τα στοιχεία αυτά στην οθόνη του συστήματος με τη μορφή διανύσματος και με τις αριθμητικές τους τιμές.
- Απεικονίζουν τη θέση (στίγμα) του πλοίου, όπως προκύπτει από το σύστημα προσδιορισμού στίγματος, μαζί με τη σχεδιασθείσα διαδρομή στον ηλεκτρονικό ναυτικό χάρτη του συστήματος.
- Απεικονίζουν τη ναυτιλιακή κίνηση της περιοχής με την εμφάνιση στην οθόνη του συστήματος της εικόνας του ραντάρ στην ίδια κλίμακα και προσανατολισμό με τον ηλεκτρονικό ναυτικό χάρτη.

- Υπολογίζουν την απόκλιση της πιραγματικής θέσεως (στίγματος) του πλοίου από τη σχεδιασθείσα διαδρομή και παρέχουν προειδοποιητική ένδειξη όταν η απόκλιση αυτή είναι μεγαλύτερη από την προσδιοριζόμενη από το ναυτιλλόμενο τιμή.
- Παρέχουν προειδοποιητική ένδειξη όταν το πλοίο προσεγγίζει τις ακτές, σημεία μεμονωμένων κινδύνων, πλωτές εξέδρες κλπ. σε απόσταση μικρότερη από την κατά περίπτωση καθοριζόμενη από το ναυτιλλόμενο απόσταση ασφαλείας.
- Παρέχουν ένδειξη ότι το πλοίο βρίσκεται σε περιοχή με βάθη μικρότερα από την ισοβαθή ασφαλείας.
- Παρέχουν ενδείξεις σημειώσεων και υπομνήσεων που καταχωρούνται από το ναυτιλλόμενο κατά τη σχεδίαση του πλοου.

#### **9.4 Άλλες κατηγορίες συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη.**

Σήμερα (1997) εκτός από τα συστήματα ECDIS κατασκευάζονται και διατίθενται στο ναυτιλλόμενο και άλλα συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη τα οποία αν και δεν πληρούν τις προδιαγραφές ECDIS (και για το λόγο αυτό δεν είναι δυνατό να αντικαταστήσουν επίσημα τους έντυπους ναυτικούς χάρτες), εν τούτοις παρέχουν στο ναυτιλλόμενο αρκετές από τις δυνατότητες του ECDIS όπως:

- Εμφάνιση στην οθόνη του συστήματος του ηλεκτρονικού χάρτη και της θέσεως (στίγματος) του πλοίου που παρέχει το ηλεκτρονικό σύστημα προσδιορισμού στίγματος.
- Σχεδιασμός της διαδρομής του πλοου και καθορισμός σημείων αλλαγής πορείας (way points).

Οι κύριες διαφορές των ανωτέρω συστημάτων από τα συστήματα ECDIS οφείλονται στη μορφή των ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών που χρησιμοποιούν. Συνήθως οι χάρτες αυτοί είναι σε ψηφιδωτή δομή (βλ. § 9.2.2) αλλά υπάρχουν και συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν ηλεκτρονικούς ναυτικούς χάρτες σε διανυσματική δομή διαφορετική από το πρότυπο DX-90 που απαιτείται από τις προδιαγραφές ECDIS.

Στον πίνακα 9.2.1 φαίνεται η σύγκριση ορισμένων βασικών λειτουργικών δυνατοτήτων των ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών ψηφιδωτής και διανυσματικής δομής.

Η χρησιμοποίηση ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών που δεν καλύπτουν τις προδιαγραφές ECDIS οφείλεται στο ότι, επί του παρόντος δεν έχουν παραχθεί ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες με τις προδιαγραφές ECDIS για διλέξις τις θαλάσσιες περιοχές. Όπως έχει ήδη αναφερθεί οι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες σε ψηφιδωτή δομή παράγονται ταχύτερα και με πολύ μικρότερο κόστος από τους αντίστοιχους σε διανυσματική δομή (βλ. § 9.2.1). Για το λόγο αυτό αρκετές εταιρείες κατασκευάζουν συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη τα οποία έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν, εκτός από τους ηλεκτρονικούς ναυτικούς χάρτες με προδιαγραφές ECDIS και διάφορες άλλες κατηγο-

ρίες ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών οι κυριότερες από τις οποίες είναι οι εξής:

- Ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες που κατασκευάζονται από διάφορες εταιρίες σε ψηφιδωτή δομή (raster format).
- Ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες του Βρετανικού Ναυαρχείου σε ψηφιδωτή δομή (Admiralty Raster Chart Service - ARCS<sup>1</sup>).
- Ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες της χαρτογραφικής υπηρεσίας των ΗΠΑ (DMA) σε διανυσματική δομή VPF<sup>2</sup>.

Όλες οι ανωτέρω κατηγορίες ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών που χρησιμοποιούνται σαν υποκατάστata των ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών ECDIS εγγράφονται σε οπτικούς δίσκους (CD's) οι οποίοι διατίθενται στους ναυτιλόμενους για χρησιμοποίησή τους στα διάφορα συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη που κυκλοφορούν στην αγορά.

Οι ανωτέρω ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες αν και δεν πληρούν τις προδιαγραφές των συστημάτων ECDIS, εν τούτοις είναι κατά πολύ καλύτεροι από αυτούς που διατίθεντο με προγενέστερα συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη για τους κάτωθι λόγους:

- Είναι έγχρωμοι αντί των παλαιοτέρων μονοχρώμων.
- Χρησιμοποιούν τον ίδιο συμβολισμό με τους ναυτικούς χάρτες που εκδίδονται από τις επίσημες υδρογραφικές υπηρεσίες.
- Στις περισσότερες περιπτώσεις περιέχουν όλες τις πληροφορίες των ναυτικών χαρτών που εκδίδονται από τις επίσημες υδρογραφικές υπηρεσίες γιατί αποτελούν το ψηφιακό τους αντίγραφο.

Στο σχήμα 9.4 απεικονίζονται ορισμένες βασικές δυνατότητες ενός τυπικού συστήματος ηλεκτρονικού χάρτη.

<sup>(1)</sup> Οι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες ARCS (Admiralty Raster Chart Service) του Βρετανικού Ναυαρχείου αποτελούν την ψηφιακή αναπαραγωγή των έντυπων βρετανικών ναυτιλιακών χαρτών σε ψηφιδωτή δομή (raster format).

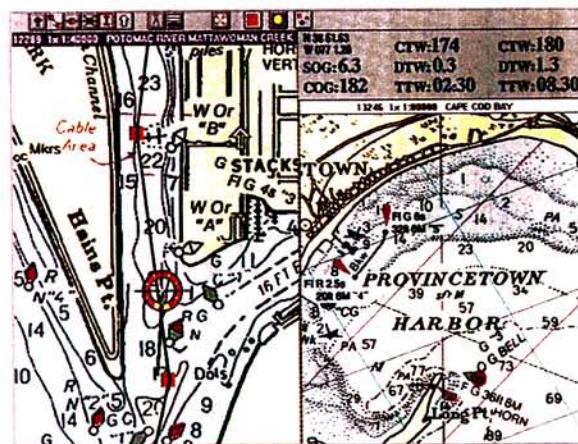
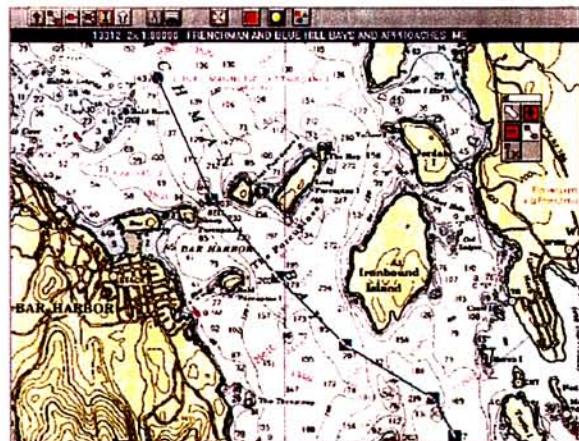
Οι χάρτες ARCS έχουν τις (διες προδιαγραφές ακριβείας, αξιοπιστίας, και σαφήνειας που έχουν και οι τυπωμένοι ναυτιλιακοί χάρτες, εφόσον πρόκειται για το ψηφιακό τους αντίγραφο. Είναι εφοδιασμένοι με σύστημα ενημερώσεως σε εβδομαδιαία βάση, με τις διορθώσεις των αγγελών προς ναυτιλλομένους σε ψηφιακή μορφή (CD). Οι παρεχόμενες υπηρεσίες είναι δύο επιπεδών, καλύπτοντας έτσι την ευρύτητα των εφαρμογών. Το πρώτο επίπεδο υπηρεσιών (ARCS-Navigator) καλύπτει πλήρως την προμήθεια χαρτών και του συστήματος της εβδομαδιαίας ενημερώσεως τους, ενώ το δεύτερο (ARCS-Skipper) παρέχει πρόσβαση μόνο στους χάρτες ARCS καλύπτοντας έτσι ανάγκες χρηστών που προτιμούν να κάνουν μόνο τους τις διορθώσεις των χαρτών ή που δεν έχουν άμεσο ενδιαφέρον για τακτικές ενημερώσεις.

Η δυνατότητα ενημερώσεως (update) χαρτών ψηφιδωτής μορφής (raster format), αποτελεί καινοτομία που προσδίδει σ' αυτούς σχετική ευελιξία, την οποία μέχρι στιγμής (1997) μόνο οι χάρτες διανυσματικής δομής (vector format) διέθεταν.

Η υδρογραφική υπηρεσία του Βρετανικού Ναυαρχείου έχει ζητήσει από τον IMO να εγκρίνει τη χρήση των ψηφιακών χαρτών ARCS ως ισοδύναμη της χρήσεως των έντυπων ναυτικών χαρτών. Το αίτημα αυτό συζητείται στον IMO χωρίς να έχει γίνει προς το παρόν (1997) αποδεκτό.

<sup>(2)</sup> Η διανυσματική δομή VPF χρησιμοποιείται από τη χαρτογραφική υπηρεσία των ΗΠΑ (DMA) για όλες τις κατηγορίες ηλεκτρονικών χαρτών (ναυτικών, αεροναυτικών, χαρτών ξηράς κλπ) και είναι διαφορετική από τη διανυσματική δομή DX-90 που προβλέπεται από τις προδιαγραφές ECDIS.

Α. Χρησιμοποίηση συστήματος ηλεκτρονικού χάρτη για τη σχεδίαση πλου. [Η οθόνη απεικονίζει τη σχεδιασθείσα πορεία και τα σημεία αλλαγής πορείας (way points)].



Β. Χρησιμοποίηση συστήματος ηλεκτρονικού χάρτη για εκτέλεση και παρακολούθηση πλου. (Εκτός από τη σχεδιασθείσα πορεία απεικονίζεται και το στίγμα του πλοίου σε λεπτομερέστερο χάρτη μεγαλύτερης κλίμακας).



Σχ. 9.4.

Παραδείγματα χρησιμοποιήσεως συστήματος ηλεκτρονικού χάρτη.

Τα διάφορα συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη που διατίθενται σήμερα στην αγορά αποτελούνται συνήθως από:

- Ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή γενικής χρήσεως που συνδέεται με το ηλεκτρονικό σύστημα προσδιορισμού στύγματος και πιθανόν με άλλες συσκευές (βυθόμετρο, ραντάρ κλπ).
- Το κατάλληλο λογισμικό (προγράμματα) με τη βοήθεια του οποίου απεικονίζεται στην οθόνη ο χρησιμοποιούμενος ηλεκτρονικός ναυτικός χάρτης με την εκάστοτε θέση (στύγμα) του πλοίου καθώς και άλλες συμπληρωματικές πληροφορίες.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΡΩΤΟ

### ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΡΑΔΙΟΝΑΥΤΙΛΙΑΚΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ ΣΤΙΣ ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΚΤΕΣ

Οι σχετικές με τα ραδιοναυτιλιακά θοηθήματα του ελλαδικού χώρου πληροφορίες περιέχονται, εκτός από τις παραπάνω εκδόσεις και στις «Μόνιμες Αγγελίες για τους Ναυτιλομένους» που εκδίδονται την 1η Ιανουαρίου κάθε χρόνου από την Υδρογραφική Υπηρεσία του Πολεμικού Ναυτικού.

#### 1) Μόνιμη αγγελία με αριθμό 9.

Αριθμ. Αγγελ. 9/1991

Ελλάς - Αεροναυτικοί Ραδιοφάροι.

Αγγελία 9/1990 ακυρώνεται. Οι αλλαγές και προσθήκες σχετικά με την ταυτόθημη του προηγούμενου έτους σημειώνονται με μια κατακόρυφη γραμμή στο περιθώριο.

- 1) Οι κατωτέρω (κατά γεωγραφική σειρά) αναγραφόμενοι ραδιοφάροι της χώρας, λόγω της γεωγραφικής θέσεως και της εμβέλειάς τους είναι εκμεταλλεύσιμοι από τα πλοία και επομένως αποτελούν σοβαρό θοηθήμα για τους ναυτιλόμενους.
- 2) Οι ραδιοφάροι αυτοί με τους ραδιοφάρους και ηχητικούς στηματοδότες του Θερμαϊκού κόλπου (αγγελίας 10 παρόντος τεύχους), αποτελούν τα «Ραδιοναυτιλιακά θοηθήματα του ελληνικού θαλάσσιου χώρου». Για ευκολότερη ενημέρωση των ναυτιλομένων τα στοιχεία των ραδιοφάρων αυτών παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στον κατωτέρω πίνακα.

ΟΝΟΜΑ ΣΤΑΘΜΟΥ	Χαρακτηριστικά Στροφών Είδος Ανταντορίσματος	Επίπεδο Επικοινωνίας	Επίπεδο Επικοινωνίας	Επίπεδο στη θάλασσα	Ώρας Ανταντορίσματος	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ	
						με kHz	με kHz
ΚΕΡΚΥΡΑ	KRK	403	A2	150	H24	39° 35' 20" - 19° 54' 44"	
ΠΡΕΒΕΖΑ	PRV	353	A2	50	H24	38° 55' 00" - 20° 46' 00"	
ΚΟΡΙΝΘΟΣ	KOR	392	A2	50	H24	37° 55' 55" - 22° 56' 20"	
ΑΜΑΛΙΑΣ	AML	367	A2	100	HJ	37° 46' 33" - 21° 20' 50"	
ΚΑΛΑΜΑΤΑ	KLM	348	A2	.	HJ	37° 03' 27" - 22° 01' 31"	
ΗΡΑΚΛΕΙΟΝ	RKL	259	A2	150	H24	35° 20' 15" - 25° 10' 49"	
ΧΑΝΙΑ/ΣΟΥΔΑ	SUD	289	A2	200	H24	35° 31' 25" - 24° 09' 33"	
ΝΙΚΟΛΑΣ	NKL	214	A2	150	H24	37° 21' 30" - 22° 31' 30"	
ΑΙΓΑΙΝΑ	EGN	382	A2	50	H24	37° 46' 03" - 23° 25' 37"	
ΕΛΕΥΣΙΣ	ELF	252	A2	25	HJ	38° 04' 00" - 23° 33' 00"	
ΚΑΒΟΥΡΙ	KVR	357	A2	200	H24	37° 48' 55" - 23° 45' 36"	
ΣΟΥΝΙΟΝ	SUN	319	A2	50	H24	37° 40' 16" - 24° 02' 52"	
ΚΑΡΥΤΣΟΣ	KRS	285	A2	50	H24	38° 00' 51" - 24° 24' 49"	
ΝΕΑ ΑΓΓΙΑΛΟΣ	ANL	335	A2	.	HJ	39° 13' 10" - 22° 48' 00"	
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ	TSL	345	A2	150	H24	40° 35' 40" - 22° 56' 55"	
ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΥΠΑ	ALX	351	A2	100	H24	40° 51' 26" - 25° 56' 30"	
ΑΙΓΑΙΝΟΣ	LNN	279	A2	150	H24	36° 55' 29" - 25° 14' 56"	
ΛΕΣΒΟΣ	LSV	397	A2	100	H24	39° 03' 03" - 26° 36' 24"	
ΜΗΔΟΣ	MLS	378	A2	100	H24	36° 42' 46" - 24° 27' 58"	
ΡΟΔΟΣ	RDS	339	A2	150	H24	36° 25' 10" - 28° 07' 07"	
ΘΗΡΑ	THR	307	A2	80	H24	36° 24' 05" - 25° 28' 53"	

#### ΣΥΜΒΟΛΑ - ΕΠΙΤΜΗΣΕΙΣ

H24

HG

Συνιγής

Από ανατολή, με χρισμό δύο σημείων.



## 2) Μόνιμη αγγελία με αριθμό 10.

Αριθμ. Αγγελ. 10/1991.

Ελλάς - Θερμαϊκός Κόλπος - Ραδιοναυτιλιακά θοηθήματα.

Αγγελία 10/1990 ακυρώνεται. Η αγγελία αυτή είναι επανάληψη ταυτάριθμης του προηγούμενου έτους.

Οι σταθμοί που υπάρχουν στη Θεσσαλονίκη, Αξιό και Μεγάλο Έμβολο αποτελούν Ραδιοναυτιλιακά θοηθήματα για την είσοδο και έξοδο από τον κόλπο Θεσσαλονίκης και λειτουργούν μόνο όταν η ορατότητα γίνει μικρότερη από 1000 m.

Οι ανωτέρω ραδιοφάροι και ηχητικοί σηματοδότες με τους εκμεταλλεύσιμους από τα πλοία αεροναυτικούς ραδιοφάρους (Αγγελίας 9 παρόντος τεύχους) αποτελούν τα «Ραδιοναυτιλιακά θοηθήματα του ελληνικού θαλάσσιου χώρου» (List of Radio Signals for Hellenic Waters).

Κατωτέρω παρέχονται οδηγίες λειτουργίας και χρησιμοποιήσεως των ραδιοναυτιλιακών θοηθημάτων Θερμαϊκού κόλπου.

Οδηγίες λειτουργίας και χρησιμοποιήσεως ραδιοφάρων και ηχητικών σηματοδοτών Θερμαϊκού κόλπου.

1) Στο Θερμαϊκό κόλπο υπάρχουν τρεις σταθμοί για διευκόλυνση των ναυτιλομένων στην είσοδο και έξοδο από αυτόν τον κόλπο με συνθήκες κακής ορατότητας λόγω ομίχλης, χιονοπτώσεων κλπ. (θλέπε διάγραμμα που επισυνάπτεται στο τέλος του τεύχους). Οι σταθμοί αυτοί έχουν εγκατασταθεί στις κατωτέρω θέσεις:

α) Σταθμός Θεσσαλονίκης

$$\phi = 40^{\circ}30'38''$$

$$\lambda = 22^{\circ}57'03''$$

β) Σταθμός Αξιού

$$\phi = 40^{\circ}30'42'' \text{ (πάνω στη νησίδα Κάθουρας)}$$

$$\lambda = 22^{\circ}44'54''$$

γ) Σταθμός Μεγάλου Εμβόλου

$$\phi = 40^{\circ}30'10''$$

$$\lambda = 22^{\circ}49'04''$$

2) Οι ανωτέρω σταθμοί μπαίνουν σε λειτουργία μόνο όταν η ορατότητα γίνει μικρότερη από 1000m.

Ο σταθμός Θεσσαλονίκης έχει P/F κατευθύνσεως και συγχρονισμένο προς τον ηχητικό σηματοδότη του.

Ο σταθμός Αξιού έχει P/F κατευθύνσεως και συγχρονισμένο προς τον ηχητικό σηματοδότη του.

Ο σταθμός Μεγάλου Εμβόλου έχει ηχητικό σηματοδότη συγχρονισμένο προς το P/F Αξιού.

3) Όλες οι πορείες και σχετικές προς τις πορείες θέσεις που δίνονται κατωτέρω είναι γι' αυτόν που εισέρχεται, δηλαδή δίνονται από τη θάλασσα προς το σταθμό.

4) Με το P/F Αξιού επιτυγχάνεται ο πλους από Κασσάνδρα προς την είσοδο του κόλπου Θεσσαλονίκης σε πορεία Zλ = 340°. Με το P/F Θεσσαλονίκης

επιτυγχάνεται ο πλους από την είσοδο του κόλπου Θεσσαλονίκης μέχρι την είσοδο του όρμου Θεσσαλονίκης σε πορεία Ζλ = 050°.

5) Ο Ρ/Φ Θεσσαλονίκης εξασφαλίζει ασφαλή πλεύση μέχρι απόσταση 7,5 ν.μ. από το σταθμό Θεσσαλονίκης, γιατί η λήψη της εκπομπής του Ρ/Φ Θεσσαλονίκης είναι ανώμαλη πέρα από 7,5 ν.μ., λόγω ανομοιόμορφης μεταδόσεως των ηλεκτρονικών σημάτων.

Στην περιοχή της ανωμαλίας (περιοχή 1, 2, 3, 4 του διαγράμματος που επισυνάπτεται) δηλαδή στο στενό Μ. Εμβόλου - Αξιού ο πλους θα εκτελείται με τη βοήθεια των συγχρονισμένων προς το Ρ/Φ Αξιού ηχητικών σηματοδοτών Μ. Εμβόλου - Αξιού, οι οποίοι δίνουν την απόσταση του πλοίου από τους αντίστοιχους σταθμούς και έτσι πραγματοποιείται η τήρηση του πλοίου μακριά από τα αβαθή τόσο του Αξιού όσο και του Μ. Εμβόλου.

6) Οι σταθμοί αποτελούν βοήθημα μόνο και δεν απαλλάσσουν το ναυτιλλόμενο από την τήρηση των κανόνων της πλεύσεως με ομίχλη και συνθήκες κακής ορατότητας.

7) Η ευθύνη του πλου βαρύνει εξ ολοκλήρου τον κυβερνήτη, ο οποίος κατά περίπτωση σταθμίζει την αξία των πληροφοριών που του παρέχουν οι σταθμοί, χρησιμοποιώντας αυτές κατάλληλα και σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνονται ακολούθως.

### **Χαρακτηριστικά σταθμών.**

8) Σταθμός Θεσσαλονίκης.

α) Ρ/Φ κατευθύνσεως.

(1) Θέση

(α) φ : 40°36'38''

(β) λ : 22°57'03''

(2) Προκαθορισμένη γραμμή πορείας : Ζλ = 050°

(3) Γωνία μέγιστης σχετικής διαφοράς εντάσεως σημάτων πορείας : 2×3,7°

(4) Γωνία μέγιστης σχετικής διαφοράς εντάσεως χαρακτηριστικού : 2×13,5°

(5) Εκπομπή

(α) Συχνότητα: 308 kHz

(β) Αποδιαμορφωμένη χαμηλή συχνότητα 1000 Hz

(γ) Ισχύς: 200 W

(6) Τύπος εκπομπής: A2 διαμορφώσεως, συχνότητας ενδιαμέσου μεταξύ συχνοτήτων κυκλικού συνεχούς κύματος A1 και κατευθυνόμενου διακοπτόμενου κύματος A1.

(7) Κεραίες:

(α) Απλή κυκλική γενικής εκπομπής.

(β) Κατευθυνόμενη με δύο διασταυρούμενα πλαίσια.

(8) Έλεγχος σταθερότητας συχνότητας: Με κρύσταλλο  $\times 0,01\%$ .

(9) Χαρακτηριστικό - Περίοδος

(α) Χαρακτηριστικό σήμα: TN / TS	3,7 sec
----------------------------------	---------

(β) Ανάπαυλα:	1,0 sec
---------------	---------

(γ) Σήμα πορείας: $1+2+1+2\dots+2 = 57$ σήματα	54,2 sec
--	----------

(δ) Ανάπαυλα:	1,1 sec
---------------	---------

(ε) Περίοδος:	60,0 sec
---------------	----------

Προκαθορισμός σημάτων: Τα υπογραμμισμένα σήματα είναι τα ισχυρά και έχουν προκαθοριστεί για τις θέσεις αριστερά (βόρεια) της προκαθορισμένης πορείας γι' αυτόν που εισέρχεται.

8) Ηχητικός σηματοδότης.

- (1) Τύπος ηχητικού σηματοδότη: Supertyphon που λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα.
- (2) Στάθμη εξόδου ηχητικών σημάτων: 119 Db σε απόσταση 30m.
- (3) Συχνότητα ήχου: 255 Hz.
- (4) Χαρακτηριστικό - Περίοδος:
 

(α) Ανάπαυλα για χαρακτηριστικό P/F	4,7 sec
(β) Ηχητικό σήμα	5,1 sec
(γ) Ανάπαυλα	<u>50,2 sec</u>
(δ) Περίοδος	60,0 sec
- (5) Συγχρονισμός στος το P/F Θεσσαλονίκης για την εκτίμηση αποστάσεων. Έναρξη ήχου ταυτόχρονα με το πρώτο ραδιοφωνικό σήμα πορείας που ακολουθεί το χαρακτηριστικό. Καθυστέρηση αφίξεως ήχου κατά ένα σήμα πορείας αντιστοιχεί σε απόσταση 1/6 του ν.μ. από το σταθμό P/F - Η/Σ Θεσσαλονίκης.

9) Σταθμός Αξιού

a) P/F κατευθύνσεως.

- (1) Θέση
  - (α)  $\lambda : 40^{\circ}30'42''$
  - (β)  $\phi : 22^{\circ}44'54''$
- (2) Προκαθορισμένη γραμμή πορείας: ZL = 340°
- (3) Γωνία μέγιστης διαφοράς σήματος πορείας:  $2 \times 15^{\circ}$
- (4) Γωνία μέγιστης διαφοράς χαρακτηριστικού:  $2 \times 22^{\circ}$
- (5) Εκπομπή
  - (α) Συχνότητα: 287,3 kHz
  - (β) Αποδιαμορφωμένες χαμηλές συχνότητες 700 και 1000 Hz
  - (γ) Ισχύς: 200 W
- (6) Τύπος εκπομπής: A2 έμμεσης διαμορφώσεως, συχνότητας ενδιάμεσης μεταξύ συχνοτήτων κυκλικού συνεχούς κύματος A1 και κατευθυνόμενου διακοπόμενου κύματος A1.
- (7) Κεραίες:
  - (α) Απλή κυκλική γενικής εκπομπής.
  - (β) Κατευθυνόμενη με δύο διασταύρουμενα πλαίσια.
- (8) Έλεγχος σταθερότητας συχνότητας: Με κρύσταλλο  $\times 0,01\%$ .
- (9) Χαρακτηριστικό - Περίοδος

(α) Χαρακτηριστικό σήμα: AW/AE	4,3 sec
(β) Ανάπαυλα:	0,7 sec
(γ) Σήμα πορείας: $1+2+1+2\dots+2 = 57$ σήματα	54,2 sec
(δ) Ανάπαυλα:	<u>0,8 sec</u>
(ε) Περίοδος:	60,0 sec

Προκαθορισμός σημάτων: Τα υπογραμμισμένα σήματα είναι τα ισχυρά και έχουν προκαθοριστεί για τις θέσεις αριστερά (δυτικά) της προκαθορισμένης

πορείας γι' αυτόν που εισέρχεται.

6. Ηχητικός σηματοδότης.

- (1) Τύπος ηχητικού σηματοδότη: Σηματοδότης ηλεκτρικής μεμβράνης.
- (2) Στάθμη εξόδου ηχητικών σημάτων: 118 Db σε απόσταση 30 μέτρα.
- (3) Συχνότητα ήχου: 300 Hz
- (4) Χαρακτηριστικό - Περίοδος:
 

(α) Ανάπαιυλα για χαρακτηριστικό P/F	5,0 sec
(β) Ηχητικό σήμα μακρό:	5,0 sec
(γ) Ανάπαιυλα	2,0 sec
(δ) Ηχητικό σήμα θραχύ:	2,0 sec
(ε) Ανάπαιυλα	<u>46,0 sec</u>
(ζ) Περίοδος:	60,0 sec
- (5) Συγχρονισμός προς το P/F Αξιού για την εκτίμηση αποστάσεων. Έναρξη ήχου ταυτόχρονα με το πρώτο ραδιοφωνικό σήμα πορείας που ακολουθεί το χαρακτηριστικό. Καθυστέρηση αφίξεως ήχου κατά ένα σήμα πορείας αντιστοιχεί περίπου με απόσταση 1/6 v.m. από το σταθμό P/F Αξιού.

10) Σταθμός Μεγάλου Εμβόλου

a) Ηχητικός σηματοδότης

- (1) Θέση
  - (α) φ : 40°30'10''
  - (β) λ : 22°49'04''
- (2) Τύπος ηχητικού σηματοδότη: Supertyphon πεπιεσμένου αέρα με 2 τόνους ήχου.
- (3) Στάθμη εξόδου ηχητικών σημάτων: 119 Db σε απόσταση 30 m.
- (4) Συχνότητες ήχου: 202 και 260 Hz
- (5) Χαρακτηριστικό - Περίοδος
 

(α) Ανάπαιυλα (για συγχρονισμό με το P/F Αξιού):	5.0 sec
(β) Ήχος:	2,0 sec
(γ) Ανάπαιυλα:	<u>53.0 sec</u>
(δ) Περίοδος:	60,0 sec

(Η περίοδος μεταβάλλεται σε 45 sec σε περίπτωση αποσυγχρονισμού).

- (6) Συγχρονισμός προς το P/F Αξιού για την εκτίμηση αποστάσεων. Έναρξη ήχου ταυτόχρονα με την έναρξη του πρώτου σήματος πορείας P/F Αξιού μετά το χαρακτηριστικό αυτού. Καθυστέρηση αφίξεως ήχου κατά ένα σήμα πορείας αντιστοιχεί περίπου σε απόσταση 1/6 του v.m. από το σταθμό H/S Μεγάλου Εμβόλου.

**Απαιτούμενες ραδιοφωνικές ουσικευές λήψεως εκπομπών P/F κατευθύνσεως.**

11. Ο ναυτιλλόμενος για τη λήψη των σημάτων των P/F κατευθύνσεως πρέπει να διαθέτει ραδιοφωνικό δέκτη που να μπορεί να λαμβάνει μακρά κύματα και μάλιστα τη ζώνη συχνοτήτων 285 kHz - 315 kHz (μήκος κύματος 1056 m- 955 m) η οποία διατίθεται για τη ναυτιλία. Ο δέκτης πρέπει να είναι επαρκούς συστηματικής και να έχει κεραία τύπου Γ ή Τ επαρκούς ύψους.

12. Οι ηλεκτρικές συσκευές στο πλοίο πρέπει να είναι απαλλαγμένες από αίτια που προκαλούν ανεπιθύμητες παρεμβολές στο ραδιοφωνικό δέκτη. Κοντά στην κεραία του δέκτη δεν πρέπει να υπάρχουν χαλαρές μηχανικές συνδέσεις που προκαλούν παρεμβολές.

13. Ο ραδιοφωνικός δέκτης μπορεί να είναι εφοδιασμένος ή όχι με A.G.C. (Automatic Gain Control).

14. Ένας ευαίσθητος ραδιοφωνικός δέκτης τρανζίστορ ο οποίος διαθέτει τη ζώνη συχνοτήτων που προαναφέρθηκε δίνει επίσης καλή λήψη.

Υπενθυμίζεται ότι ένας τέτοιος ραδιοφωνικός δέκτης έχει κεραία από σιδερένιο πυρήνα και πρέπει να προσανατολίζεται με το P/F για να επιτυγχάνεται η καλύτερη λήψη της εκπομπής αυτού.

#### **Αρχές στις οποίες στηρίζεται η πλεύση με P/F κατευθύνσεως.**

15. Οι P/F κατευθύνσεως έχουν συστήματα κεραιών ειδικής κατασκευής σε τρόπο ώστε τα ραδιοκύματα που εκπέμπονται από αυτές, να παρέχουν στο ναυτιλλόμενο διάφορες πληροφορίες που βασίζονται στη θέση του σκάφους σχετικά με το P/F.

Από την ακρόαση των σημάτων που εκπέμπονται με τη βοήθεια ενός κοινού ραδιοφωνικού δέκτη, ο οποίος διαθέτει μακρά κύματα (ζώνη συχνοτήτων 285 kHz - 315 kHz), ο ναυτιλλόμενος γνωρίζει αν θρίσκεται στην προκαθορισμένη γραμμή πορείας, η οποία επιτρέπει με ασφάλεια την πλεύση του σκάφους από τη θάλασσα προς το P/F και αντίστροφα, ή αν έχει απομακρυνθεί από αυτή οπότε πρέπει να διορθώσει την πορεία του.

16. Οι ραδιοφάροι κατευθύνσεως εκπέμπουν με περίοδο ενός πρώτου λεπτού. Η περίοδος κάθε P/F αρχίζει με την εκπομπή δύο ζευγών μορσικών γραμμάτων που αποτελούν το χαρακτηριστικό του σταθμού. Το πρώτο γράμμα κάθε ζεύγους χαρακτηρίζει την ταυτότητα του σταθμού, το δεύτερο υποδηλώνει: στο πρώτο ζεύγος το σημείο του ορίζοντα προς τα αριστερά της προκαθόρισμένης πορείας και στο δεύτερο το σημείο του ορίζοντα προς τα δεξιά της προκαθορισμένης πορείας.

Μετά το τέλος της εκπομπής των ανωτέρω γραμμάτων, αρχίζει η εκπομπή ισοχρόνων σημάτων (σημάτων πορείας) με διάρκεια ενός δευτερολέπτου περίπου το κάθε ένα μέχρι να συμπληρωθεί ο χρόνος της περιόδου, μετά το τέλος της οποίας επαναλαμβάνεται η εκπομπή των μορσικών γραμμάτων που προσαναφέρθηκαν κ.ο.κ.

17. Η προκαθορισμένη πορεία ή η θέση του πλοίου σχετικά με την προκαθορισμένη πορεία καθορίζεται από τη σχετική διαφορά εντάσεως των σημάτων. Όλα τα μορσικά γράμματα του χαρακτηριστικού καθώς και τα σήματα πορείας ακούγονται με την ίδια ένταση εφόσον ο ναυτιλλόμενος θρίσκεται επί της προκαθορισμένης πορείας.

18. Τα ανωτέρω δεν ισχύουν μόλις το πλοίο απομακρυνθεί από τη γραμμή της προκαθορισμένης πορείας. Ετσι αν το πλοίο απομακρυνθεί προς τα αριστερά αυτής (γι' αυτόν που πλέει από θάλασσα προς το P/F) το πρώτο ζεύγος των μορσικών γραμμάτων του χαρακτηριστικού ακούγεται εντονότερα από το δεύτερο και τα σήματα πορείας ακούγονται κατά τριάδες που αποτελούνται από

ένα ισχυρό και δύο ασθενή. Αν το πλοίο απομακρυνθεί προς τα δεξιά της γραμμής της προκαθορισμένης πορείας (γι' αυτόν που πλέει από θάλασσα προς το Ρ/Φ) το πρώτο ζεύγος των μορσικών γραμμάτων του χαρακτηριστικού ακούγεται κατά τριάδες που αποτελούνται από ένα ασθενές και δύο ισχυρά σήματα. Έτσι με ακρόαση των ανωτέρω ηλεκτρονικών σημάτων ο ναυτιλλόμενος γνωρίζει αν θρίσκεται επί της προκαθορισμένης γραμμής πορείας, ή αν έχει απομακρυνθεί από αυτή και προς ποια πλευρά.

19. Όσο απομακρύνεται το πλοίο από την προκαθορισμένη γραμμή πορείας τόσο αυξάνει η διαφορά εντάσεως ισχυρών και ασθενών σημάτων.

Μέχρι κάποια γωνία προς κάθε πλευρά της προκαθορισμένης πορείας, η οποία και αποτελεί το όριο της ακίνδυνης πλεύσεως των σκάφους, η σχετική διαφορά εντάσεως των σημάτων πορείας φθάνει στη μέγιστη τιμή οπότε τα ασθενή σήματα πορείας, σε σχέση με τα ισχυρά, σταματούν σχεδόν να ακούγονται.

Μετά από αυτή τη γωνία η σχετική διαφορά εντάσεως των σημάτων πορείας ελαττώνεται σταδιακά μέχρι γωνία  $90^{\circ}$  προς κάθε πλευρά της προκαθορισμένης γραμμής πορείας, οπότε τα σήματα ακούγονται πολύ ισχυρά αλλά όλα με την ίδια ένταση.

Τα ανωτέρω ισχύουν και για τα ζεύγη μορσικών γραμμάτων που αποτελούν το χαρακτηριστικό του σταθμού με τη διαφορά ότι η γωνία στην οποία υπάρχει η μέγιστη διαφορά εντάσεως μεταξύ των ζευγών μορσικών γραμμάτων είναι ευρύτερη από εκείνη των σημάτων πορείας.

20. Εφόσον διαπιστωθεί από την ακρόαση του Ρ/Φ ότι το πλοίο θρίσκεται έξω από την προκαθορισμένη γραμμή πορείας, απαιτείται διόρθωση της πλεύσεως του πλοίου με στροφή  $10^{\circ}$  έως  $30^{\circ}$ , ανάλογα του αν η απομάκρυνση του πλοίου από την πορεία οφείλεται σε λόγους πηδαλιουχήσεως ή εκπτώσεως λόγω ανέμου, θαλασσοταραχής ή θαλασσών ρευμάτων. Όταν ακουστούν ξανά τα σήματα πορείας με την ίδια ένταση, οπότε το πλοίο θρίσκεται επί της προκαθορισμένης γραμμής πορείας, το σκάφος, πρέπει να στρίψει και να ακολουθήσει την πορεία αυτή. Σημειώνεται ότι η διόρθωση της πλεύσεως του πλοίου με μικρή σύγκλιση (αλλαγή πορείας) προς την καθορισμένη γραμμή πορείας δεν συνιστάται όταν ο ναυτιλλόμενος δεν είναι θέση του πλοίου του από αναμέτρηση.

21. Για την περίπτωση κατά την οποία το πλοίο υποχρεώνεται να ακολουθήσει προκαθορισμένες διαδοχικές πορείες, περισσότερες από μια, που δίνονται από δύο ή περισσότερους Ρ/Φ, γίνεται αναγκαία κατά διαλείμματα η ακρόαση εκτός του Ρ/Φ του οποίου την πορεία ακολουθεί το πλοίο και του Ρ/Φ του οποίου την πορεία πρόκειται να ακολουθήσει.

Το πλοίο ακροάται το σήμα πορείας του Ρ/Φ του οποίου την προκαθορισμένη πορεία ακολουθεί και κατά διαλείμματα το εκτός πορείας σήμα του Ρ/Φ, του οποίου την πορεία πρόκειται να ακολουθήσει. Με την προχώρηση του πλοίου πάνω στην πορεία του Ρ/Φ του οποίου την προκαθορισμένη πορεία απολουθεί, το εκτός πορείας σήμα του Ρ/Φ του οποίου την πορεία πρόκειται να ακολουθήσει, πλησιάζει προοδευτικά στο σήμα πορείας. Το σημείο στο οποίο το πλοίο ακροάται και από τους δύο Ρ/Φ τα σήματα πορείας, είναι το σημείο στροφής. Το πλοίο εκτελεί στροφή προς τη νέα προκαθορισμένη πο-

ρεία και ακροάται μόνο το Ρ/Φ πάνω στην προκαθορισμένη πορεία του οποίου έστριψε.

22. Η ναυσιπλοΐα διευκολύνεται όχι μόνο με τους Ρ/Φ που προαναφέρθηκαν, αλλά και με σταθμούς εκπομπής ηχητικών σημάτων, οι οποίοι είναι συγχρονισμένοι προς την εκπομπή του Ρ/Φ.

Ο ήχος σταθμού διακρίνεται από το μορσικό χαρακτηριστικό και τον τόνο του, τα οποία διαφέρουν από τα αντίστοιχα άλλου γειτονικού σταθμού.

23. Με ακρόαση των ηχητικών σημάτων ενός σταθμού, σε συνδυασμό προς την ακρόαση της ηλεκτρονικής εκπομπής του Ρ/Φ, προς τον οποίο ο ηχητικός σηματοδότης είναι συγχρονισμένος, στην προκείμενη περίπτωση εκτελεί χρέη χρονομέτρου, είναι δυνατή η ασφαλής και με μεγάλη προσέγγιση γνώση της αποστάσεως του πλοίου από αυτόν το σταθμό όπως περιγράφεται λεπτομερώς στην επόμενη παράγραφο.

24. Η έναρξη εκπομπής ήχου από ένα ηχητικό σηματοδότη είναι σύγχρονη προς την έναρξη του πρώτου σήματος πορείας μετά τα γράμματα του χαρακτηριστικού του σταθμού με τον οποίο είναι συγχρονισμένη η εκπομπή του ήχου. Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί από την αρχή ενός σήματος πορείας μέχρι την αρχή του επόμενου είναι 0,95 sec.

Λόγω της πρακτικά άπειρης ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων, τα σήματα αυτά ακούγονται ταυτόχρονα με την εκπομπή τους. Επίσης λόγω της γνωστής ταχύτητας διαδόσεως του ήχου, αυτός σε χρονικό διάστημα ενός σήματος πορείας (0,95 sec) διανύει απόσταση 1/6 του ν.μ. Έτσι ο αριθμός των σημάτων πορείας που μεσολαβεί μεταξύ του τελευταίου γράμματος του χαρακτηριστικού και της αφίξεως του ήχου από τον ηχητικό σηματοδότη, αν διαιρεθεί διά 6 δίνει σε ν.μ. την απόσταση του σκάφους από το σταθμό εκπομπής του ήχου. Επομένως, αν μετά το χαρακτηριστικό μεσολαβήσουν 6 σήματα πορείας, το σκάφος απέχει από το σταθμό 1 ν.μ. Αν μεσολαβήσουν 9 σήματα, το σκάφος απέχει από το σταθμό 1 1/2 ν.μ. κ.ο.κ.

**Οδηγίες χρησιμοποιήσεως θοηθημάτων ναυσιπλοίας Θερμαϊκού κόλπου - Θεσσαλονίκη.**

25) Είσοδος στη Θεσσαλονίκη (θλέπε διάγραμμα που επισυνάπτεται).

α) Τυχόν θέση του πλοίου A1-A2.

(1) Στην τυχόν θέση του πλοίου A1 ο ναυτιλλόμενος ακροάται το Ρ/Φ Αξιού και διακρίνει ότι βρίσκεται έξω από την προκαθορισμένη πορεία. Υποχρεώνεται επομένως να κατευθυνθεί προς συνάντησή της με πορεία σχεδόν κάθετη προς αυτήν. Σε όλες τις περιπτώσεις το τεταρτημόριο της θέσεως του πλοίου καθορίζεται με την πρόσθετη και εναλλακτική ακρόαση του Ρ/Φ Θεσσαλονίκης. Έτσι για τη θέση A1 ο ναυτιλλόμενος ακούει καθαρό νότο για το Ρ/Φ Θεσσαλονίκης και ανατολή για το Ρ/Φ Αξιού, το οποίο κάνει σαφές, ότι το πλοίο βρίσκεται στο Ν.Α. τεταρτημόριο.

(2) Η διόρθωση της θέσεως του πλοίου με κάθετη πορεία προς την προκαθορισμένη πορεία του Ρ/Φ Αξιού θα συνεχιστεί μέχρι να μεταπέσει το εκτός πορείας σήμα σε σήμα προκαθορισμένης πορείας, οπότε το πλοίο βρίσκεται στη θέση B και πρέπει να εκτελέσει στροφή προς την προκαθορισμένη πορεία

$Z\lambda = 340^\circ$ , την οποία να ακολουθήσει με συνεχή παρακολούθηση του σήματος πορείας του P/F Αξιού.

(3) Αν το πλοίο θρεθεί για μια φορά στην προκαθορισμένη πορεία και απομακρυνθεί από αυτή για οποιοδήποτε λόγο, οι διορθώσεις πρέπει να γίνονται με διαφορά γωνίας  $20^\circ$  έως  $30^\circ$ , δηλαδή με πορεία  $Z\lambda = 340^\circ + -20^\circ$  έως  $30^\circ$ .

(4) Κατά διαστήματα πρέπει να εκτελείται ακρόαση του P/F της Θεσσαλονίκης, οπότε με το σήμα του νότου θα γίνεται φανερό ότι το πλοίο θρίσκεται πέρα από το σημείο C και προς Νότο.

(5) Όταν το πλοίο θρεθεί στη θέση C το σήμα του P/F Θεσσαλονίκης θα δώσει κέντρο, λόγω εισόδου στην περιοχή ταραγμένης λήψεως 1-2-3-4 οπότε και εγκαταλείπεται η κατά διαλείμματα ακρόαση αυτού του P/F.

(6) Από το σημείο C ο πλους συνεχίζεται με ακρόαση τόσο του P/F Αξιού όσο και του ηχητικού σηματοδότη Αξιού, οπότε καθορίζεται η απόσταση του πλοίου από το P/F με μέτρηση των ηλεκτρονικών σημάτων, τα οποία μεσολαβούν από το τέλος της λήψεως του πρώτου ηχητικού σήματος.

(7) Δεδομένου ότι η μέτρηση 6 ηλεκτρονικών σημάτων μέχρι τη λήψη του πρώτου ηχητικού σήματος αντιπροσωπεύει απόσταση 1 ν.μ., η στροφή του πλοίου προς τη διεύθυνση της προκαθορισμένης πορείας του P/F Θεσσαλονίκης, δηλαδή προς  $Z\lambda = 050^\circ$ , πρέπει να αρχίσει όταν ο ήχος ακουστεί μετά 12 ηλεκτρονικά σήματα και να έχει τελειώσει πριν ο ήχος ακουστεί μετά 12 ηλεκτρονικά σήματα και να τελειώσει πριν ο ήχος ακουστεί μετά 9 ηλεκτρονικά σήματα.

Θέση πλοίου D.

(8) Ακρόαση του ήχου μετά μέτρηση μόνο 6 ηλεκτρονικών σημάτων σημαίνει, ότι το πλοίο εφάπτεται στον κύκλο ασφαλείας των αθαθών Αξιού, απόσταση από το P/F Αξιού 1 ν.μ. και πρέπει να απομακρυνθεί.

(9) Από το σημείο D η πλεύση ακολουθεί την προκαθορισμένη πορεία  $Z\lambda = 050$  και εκτελείται ακρόαση των ηχητικών σηματοδοτών τόσο του Αξιού όσο και του M. Εμβόλου με μέτρηση της αποστάσεως από τον ένα ή τον άλλο ηχητικό σηματοδότη ή και από τους δύο ανάλογα με την ακουστικότητα.

(10) Αν για οποιοδήποτε λόγο το πλοίο πλησιάσει τον κύκλο ασφαλείας του M. Εμβόλου (ο οποίος όπως του Αξιού έχει ακτίνα 1 ν.μ. από τον ηχητικό σηματοδότη και προσδιορίζεται με ακρόαση του ήχου μετά 6 ηλεκτρονικά σήματα), το πλοίο πρέπει να απομακρυνθεί από την επικίνδυνη περιοχή και μετά την απομάκρυνση να επανέλθει στην προκαθορισμένη πορεία εισόδου  $Z\lambda = 050^\circ$ .

(11) Μετά το σημείο E, το οποίο προσδιορίζεται από τη διεύθυνση της λήψεως του ήχου του ηχητικού σηματοδότη M. Εμβόλου, δηλαδή από το δεξιό ισχίο του πλοίου, εγκαταλείπεται η ακρόαση του P/F Αξιού και αρχίζει η ακρόαση του P/F Θεσσαλονίκης, ο οποίος οδηγεί στη Θεσσαλονίκη, αφού στο σημείο E τελειώνει η περιοχή ταραγμένης λήψεως.

(12) Αφού θρεθεί το πλοίο στην προκαθορισμένη πορεία  $Z\lambda = 050^\circ$  του P/F Θεσσαλονίκης οι διορθώσεις εκτελούνται όπως στην παράγρ. 25a (3), δηλαδή με πορεία  $Z\lambda = 050^\circ + -20^\circ$  έως  $30^\circ$ .

26) Έξοδος από λιμένα Θεσσαλονίκης (θλέπε διάγραμμα που επισυνάπτεται)

α) Θέση πλοίου E.

(1) Το πλοίο ακολουθεί την προκαθορισμένη πορεία του Ρ/Φ Θεσσαλονίκης δηλαδή  $Z\lambda = 230^\circ$  με ακρόαση αυτού του σταθμού.

(2) Όταν το πλοίο πλησιάζει το Μ. Έμβολο και ακουστεί το ηχητικό σήμα του σηματοδότη του, εκτελείται κατά διαλείμματα ακρόαση του Ρ/Φ Αξιού, για προσδιορισμό της αποστάσεως του πλοίου από το Μ. Έμβολο (αφού ο ηχητικός σηματοδότης του Μ. Εμβόλου είναι συγχρονισμένος με το Ρ/Φ Αξιού).

(3) Όταν ο ήχος ακουστεί μετά τη λήψη 8-10 ηλεκτρονικών σημάτων, εγκαταλείπεται η ακρόαση του Ρ/Φ Θεσσαλονίκης και ο δέκτης του πλοίου συντονίζεται στη συχνότητα του Ρ/Φ Αξιού.

(4) Η πορεία τηρείται σταθερή σε  $Z\lambda = 230^\circ$  αν η απόσταση του πλοίου είναι τέτοια ώστε ο ήχος του ηχητικού σηματοδότη Μ. Εμβόλου να ακούγεται μετά 6 έως 9 ηλεκτρονικά σήματα οπότε το πλοίο θρίσκεται έξω από τον κύκλο ασφαλείας του 1 ν.μ.

(5) Λήψη του ήχου του ηχητικού σηματοδότη Μ. Εμβόλου στα 6 ηλεκτρονικά σήματα σημαίνει, ότι το πλοίο εφάπτεται στον κύκλο ασφαλείας και πρέπει να απομακρυνθεί από αυτόν, ακολουθώντας πάλι την πορεία  $230^\circ$  μετά τη διόρθωση της θέσεώς του.

(6) Συμπεραίνεται με σαφήνεια, ότι το πλοίο παρέκαμψε την επικίνδυνη περιοχή του Μ. Εμβόλου, όταν ληφθούν πάλι 9 ηλεκτρονικά σήματα μέχρι να ακουστεί ο ήχος του ηχητικού σηματοδότη του Μ. Εμβόλου και με διεύθυνση από το αριστερό ισχίο του πλοίου. Ανάλογα με την ακουστικότητα των ηχητικών σημάτων του Αξιού και του Μ. Εμβόλου το πλοίο μπορεί να διορθώσει την πορεία του σε περιθώρια που κυμαίνονται από  $Z\lambda = 230^\circ$  έως  $195^\circ$  μέχρι τη λήψη του σήματος προκαθορισμένης πορείας του Ρ/Φ Αξιού, οπότε το πλοίο ακολουθεί την προκαθορισμένη πορεία  $Z\lambda = 160^\circ$  αυτού του Ρ/Φ.

27) Έξοδος από κόλπο Θεσσαλονίκης (βλέπε διάγραμμα που επισυνάπτεται).

α) Θέση πλοίου οποιαδήποτε μέσα στον κόλπο σε απόσταση μέχρι 7,5 ν.μ. από το Ρ/Φ Θεσσαλονίκης.

(1) Το πλοίο ακροάται την εκπίομπή του Ρ/Φ Θεσσαλονίκης και λαμβάνει σήματα εκτός πορείας Β ή Ν. Για διόρθωση της θέσεως του πλοίου δίνεται πορεία κάθετη προς την καθορισμένη πορεία  $Z\lambda = 230^\circ$  του Ρ/Φ και εξέρχεται όπως περιγράφηκε στις παραγράφους 26α (2) έως (6).

β) Θέση πλοίου στην πιο δυσμενή περιοχή G που απέχει περισσότερο από 7,5 ν.μ. από το Ρ/Φ Θεσσαλονίκης.

(1) Αν το πλοίο θρίσκεται στην περιοχή της θέσεως G, ακολουθεί πορεία κάθετη προς την προκαθορισμένη πλεύση  $Z\lambda = 230^\circ$ , δηλαδή πορεία  $Z\lambda = 140^\circ$ .

(2) Ο δέκτης του πλοίου είναι συντονισμένος με τη συχνότητα του Ρ/Φ Θεσσαλονίκης και η ακρόαση τηρείται μέχρι τη λήψη του πρώτου σήματος που δείχνει ότι το πλοίο θρίσκεται στην προκαθορισμένη πορεία αυτού του Ρ/Φ.

(3) Επειδή πέρα από αυτό το σημείο θρίσκεται η ταραγμένη περιοχή απροσδιόριστης λήψεως του Ρ/Φ Θεσσαλονίκης, ο δέκτης του πλοίου συντονίζεται στη συχνότητα του Ρ/Φ Αξιού και αρχίζει η ακρόαση των ηχητικών σηματοδοτών για μέτρηση αποστάσεων τόσο από τον Αξιό όσο και από το Μ. Έμβολο.

(4) Αφού το πλοίο ακροάται και τους δύο ηχητικούς σηματοδότες, είναι γνωστό το στίγμα του, οπότε όταν συναντήσει στο χάρτη την ενδεικτική πο-

ρεία του Ρ/Φ Θεσσαλονίκης, ακολουθεί πορεία  $Z\lambda = 230^\circ$ , εξέρχεται με ασφάλεια και ελέγχει τη θέση του με ακουστικά σήματα.

(5) Για την πιο δυσμενή περίπτωση κατά την οποία δεν μπορεί να ακούσει τους δύο σηματοδότες, εξακολουθεί ο πλους με  $Z\lambda = 140^\circ$  μέχρι να ακουστεί το ηχητικό σήμα του Μ. Εμβόλου μετά 8 ηλεκτρονικά σήματα, οπότε ακολουθείται η πορεία  $Z\lambda = 230^\circ$  και εκτελείται η συνέχιση του πλου όπως στις παραγράφους 26α (1) έως (6) και 27α (1).

---

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟ ΤΟ ΡΑΔΙΟΓΩΝΙΟΜΕΤΡΟ

### 2.1 Γενικά περί ραδιογωνιομέτρου.

Το ραδιογωνιόμετρο (Radio Direction Finding - RDF), που αποτελεί το παλιότερο ραδιοναυτιλιακό βοήθημα, χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της διεύθυνσεως (διοπτεύσεως) του σταθμού από τον οποίο εκπέμπονται τα λαμβανόμενα στο δέκτη της συσκευής σήματα.

Τα ραδιογωνιόμετρα που χρησιμοποιούνται στη ναυτιλία ανήκουν σε μια από τις επόμενες δυο κατηγορίες:

α) Ραδιογωνιόμετρα που εγκαθίστανται στα πλοία, προκειμένου να παρέχουν τη δυνατότητα προσδιορισμού της διοπτεύσεως (ραδιοδιοπτεύσεως) ορισμένων σταθμών, που εκπέμπουν ειδικά για το σκοπό αυτό και λέγονται ραδιοφάροι. Με τα ραδιογωνιόμετρα αυτά ο ναυτιλλόμενος μπορεί να προσδιορίσει και τη διεύθυνση (ραδιοδιόπτευση) από την οποία εκπέμπει οποιοσδήποτε πομπός ανάλογης συχνότητας είτε αυτός είναι εγκατεστημένος στην Εηρά (π.χ. ραδιοφωνικός σταθμός κλπ.) είτε σε άλλο πλοίο (π.χ. εκπομπή σήματος κινδύνου).

β) Ραδιογωνιόμετρα που εγκαθίστανται σε ειδικούς σταθμούς της Εηράς (ραδιογωνιόμετρικοί σταθμοί), προκειμένου να παρέχουν τη δυνατότητα προσδιορισμού της ραδιοδιόπτεύσεως του πλοίου που το ζητά, προς το οποίο στη συνέχεια οι σταθμοί μεταβιβάζουν τις ληφθείσες μετρήσεις.

Η χρήση των ραδιογωνιόμετρων για υποθοήθηση της ναυτιλίας χρονολογείται από τον Α' Παγκόσμιο Πόλεμο. Σήμερα, αν και η χρήση τους έχει περιορισθεί σημαντικά, λόγω της εν τω μεταξύ αναπτύξεως άλλων ραδιοναυτιλιακών βοηθημάτων (όπως ραντάρ, υπερβολικών και δορυφορικών συστημάτων καθορισμού στίγματος κλπ.), το ραδιοναυτιλιακό αυτό βοήθημα εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ακόμη, γιατί παραμένει η μοναδική συσκευή η οποία έχει τη δυνατότητα, λαμβάνοντας την εκπομπή ενός πλοίου, να προσδιορίζει τη διόπτευσή του.

### 2.2 Αρχές λειτουργίας – Κατηγορίες ραδιογωνιόμετρων.

Η βασική αρχή λειτουργίας του ραδιογωνιομέτρου στηρίζεται στην ιδιότητα της κεραίας του να παρέχει στο δέκτη σήμα μεταβαλλόμενης εντάσεως, ανάλογα με τη διεύθυνση από την οποία φθάνει το εκπεμπόμενο από ένα πομπό



σήμα. Η απλούστερη κεραία ραδιογωνιομέτρου είναι η απλή κεραία θρόχου ή κεραία πλαισίου, της οποίας το σχήμα μπορεί να είναι κυκλικό, ορθογωνικό, τριγωνικό κλπ. (σχ. 2.2a).

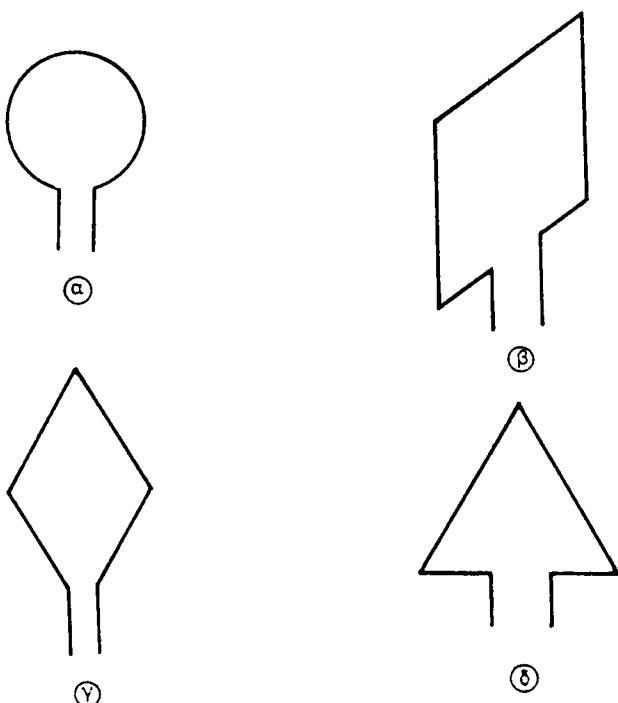
### 2.2.1 Κεραία θρόχου ή πλαισίου (loop antenna).

Η βασική ιδιότητα της περιστρεφόμενης κεραίας θρόχου ή πλαισίου να παρέχει στο δέκτη σήμα μεταβαλλόμενης εντάσεως, ανάλογα με τη διεύθυνση του λαμβανόμενου σήματος, μπορεί να εξηγηθεί εύκολα με το παράδειγμα της κεραίας τετραγωνικού σχήματος [σχ. 2.2a(8)].

Στην περίπτωση αυτή το λαμβανόμενο ραδιοκύμα είναι συνήθως κατακόρυφα πολωμένο και για το λόγο αυτό δημιουργεί μια τάση εξ επαγωγής μόνο στα δυο κατακόρυφα στελέχη της κεραίας, ενώ τα δυο οριζόντια, στα οποία δεν επάγεται καμιά τάση, θεωρούνται απλοί αγωγοί για συμπλήρωση του ηλεκτρικού κυκλώματος της κεραίας.

Για την εξήγηση της λειτουργίας της περιστρεφόμενης κεραίας πλαισίου ή θρόχου εξετάζομε δύο χαρακτηριστικές περιπτώσεις, που είναι οι εξής:

- Το επίπεδο της περιστρεφόμενης κεραίας είναι κάθετο στη διεύθυνση διαδόσεως του ραδιοκύματος (σχ. 2.2b).
- Το επίπεδο της περιστρεφόμενης κεραίας θρόχου είναι παράλληλο στη διεύθυνση διαδόσεως του ραδιοκύματος (σχ. 2.2γ).

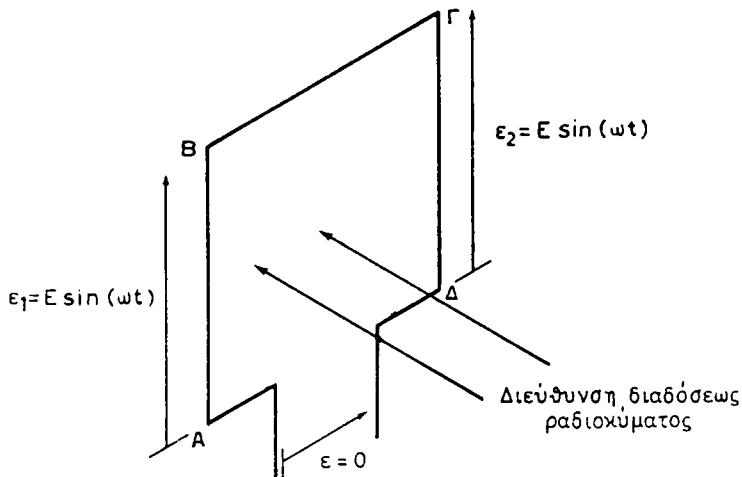


Σχ. 2.2a.

Διάφοροι τύποι κεραίας θρόχου ή πλαισίου.

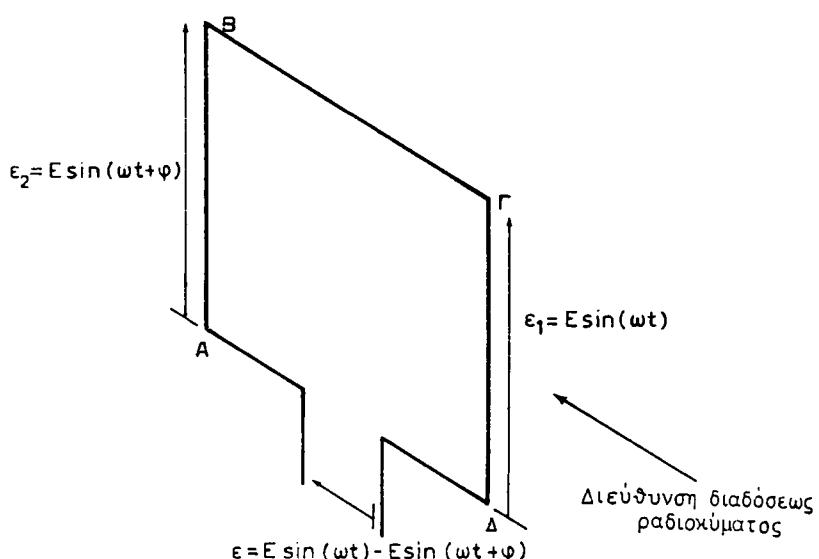
α) Κυκλική. β) Τετραγωνική. γ) Ρομβοειδής. δ) Τριγωνική.

Στην πρώτη περίπτωση τα δυο κατακόρυφα στελέχη της κεραίας ( $\Delta$  και  $\Gamma$ ), θρίσκονται στην ίδια απόσταση από το σταθμό εκπομπής του ραδιοκύματος και για το λόγο αυτό οι επαγόμενες σ' αυτά τάσεις έχουν την ίδια ένταση και φάση. Επειδή, όπως εξηγήθηκε παραπάνω, στα δυο οριζόντια στελέχη της κεραίας ( $B\Gamma$  και  $\Delta A$ ) δεν επάγεται καμιά τάση, η συνολική τάση που δημιουργείται στο κύκλωμα της κεραίας είναι ίση με μηδέν και επομένως δεν παρατηρείται ροή ηλεκτρικού ρεύματος (οι τάσεις των κατακορύφων στελεχών  $\Delta B$  και  $\Gamma \Delta$



Σχ. 2.28.

Επαγόμενη τάση σε θρόχο κάθετο στη διεύθυνση διαδόσεως του ραδιοκύματος.

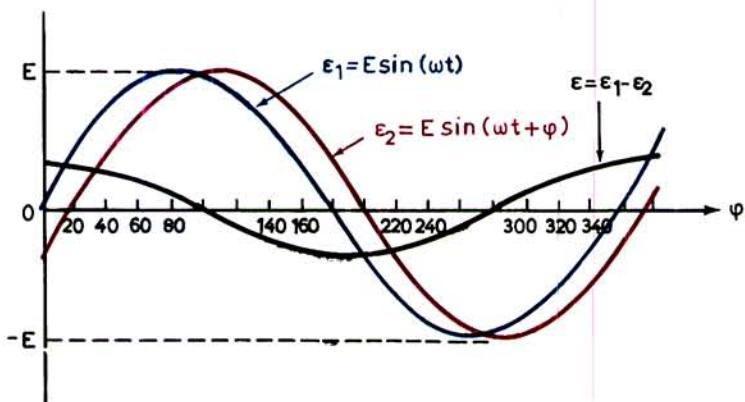


Σχ. 2.2γ.

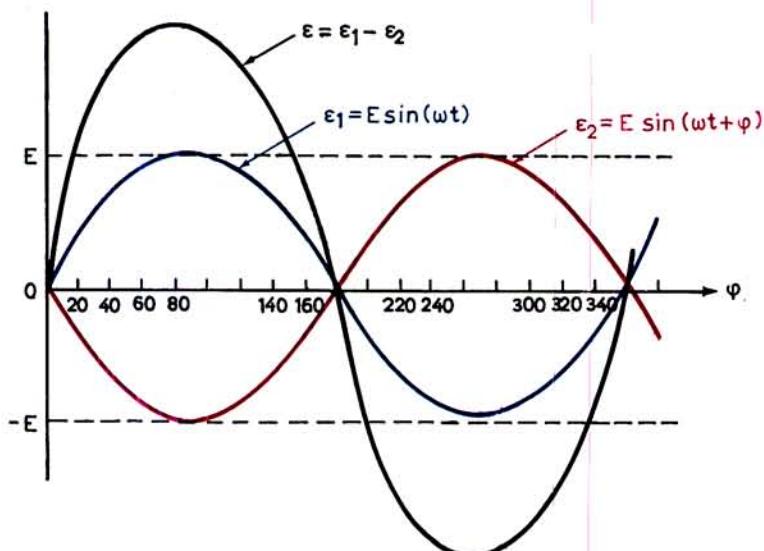
Επαγόμενη τάση σε θρόχο παράλληλο στη διεύθυνση διαδόσεως του ραδιοκύματος.

αντισταθμίζονται μεταξύ τους).

Στη δεύτερη περίπτωση, επειδή η απόσταση μεταξύ των δυο κατακορύφων στελεχών (ΑΒ και ΓΔ) της κεραίας θρόχου είναι πολύ μικρότερη από την απόστασή τους από το σταθμό εκπομπής του ραδιοκύματος, η επαγόμενη σε αυτά τάση έχει την ίδια μέγιστη τιμή Ε. Εν τούτοις, η διαφορετική απόσταση των κατακορύφων στελεχών της κεραίας από το σταθμό εκπομπής επάγει για κάθε χρονική στιγμή διαφορετικές σε κάθε στέλεχος τάσεις  $\epsilon_1$  και  $\epsilon_2$ , που έχουν διαφορά φάσεως  $\varphi$  (σχ. 2.2δ) και δίνονται από τις εξισώσεις:



α) Διαφορά φάσεως  $20^\circ$



β) Διαφορά φάσεως  $180^\circ$

### Σχ. 2.2δ.

Επαγόμενες στα κατακόρυφα στελέχη και στο θρόχο τάσεις.

$$\varepsilon_1 = E \sin \omega t \quad (2.1)$$

$$\varepsilon_2 = E \sin (\omega t + \phi) \quad (2.2)$$

όπου:  $\omega$  η κυκλική συχνότητα (ση με  $2\pi f$  είναι η συχνότητα).

Από τις εξισώσεις αυτές προκύπτει ότι η διαφορά τάσεως που δημιουργείται στο κύκλωμα της κεραίας είναι:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = E \sin \omega t - E \sin (\omega t + \phi) = E (\sin \omega t - \sin \omega t \cos \phi - \cos \omega t \sin \phi)$$

και επειδή η γωνία  $\phi$  (για τις διαστάσεις της κεραίας ως προς το μήκος κύματος των ραδιοκυμάτων που χρησιμοποιούνται στα ραδιογωνιόμετρα) είναι πολύ μικρή, μπορούμε να υποθέσουμε ότι  $\cos \phi = 1$ , οπότε η παραπάνω εξίσωση γίνεται:

$$\varepsilon = -E \cos \omega t \sin \phi \quad (2.3)$$

Η μέγιστη επαγόμενη τάση στην κεραία θρόχου δημιουργείται όταν η απόσταση των κατακορύφων στελεχών είναι ίση με το μισό του μήκους κύματος (σχ. 2.2δ), οπότε οι επαγόμενες στα δυο κατακόρυφα στελέχη της κεραίας τάσεις έχουν διαφορά φάσεως  $180^\circ$ . (Στην πράξη κάτι τέτοιο είναι πρακτικά αδύνατο για τις συχνότητες λειτουργίας των ραδιογωνιομέτρων, που είναι περίπου 300 MHz, για τις οποίες αντιστοιχεί μήκος κύματος 1000 m περίπου).

Όταν η κεραία θρόχου περιστρέφεται, η γωνία φάσεως  $\phi$  μεταβάλλεται από την τιμή  $0^\circ$  ώστε, ανάλογα με την απόσταση  $d$  των κατακορύφων στελεχών της κεραίας κατά μήκος της διεύθυνσεως διαδόσεως του ραδιοκύματος. Η απόσταση αυτή για μία τυχαία θέση της κεραίας (σχ. 2.2δ) είναι ίση με:

$$d = a \cos \theta \quad (2.4)$$

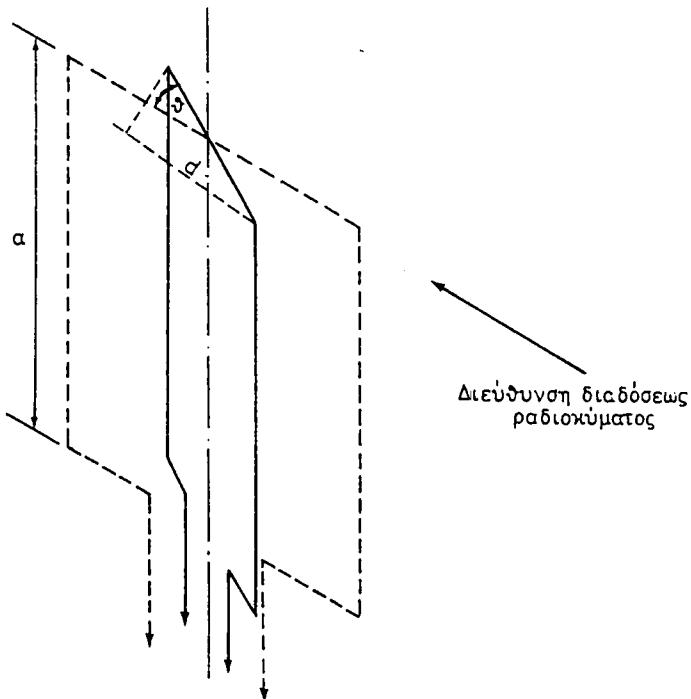
όπου:  $a$  το μήκος της πλευράς της τετραγωνικής κεραίας θρόχου και

$\theta$  η γωνία που σχηματίζει το επίπεδο της κεραίας θρόχου με τη διεύθυνση διαδόσεως του ραδιοκύματος.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι:

- Υπάρχουν δυο θέσεις της κεραίας που διαφέρουν κατά  $180^\circ$ , στις οποίες η διεύθυνση διαδόσεως του ραδιοκύματος είναι κάθετη στο επίπεδο της κεραίας, για τις οποίες η επαγόμενη τάση είναι μηδενική και δεν δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα στο κύκλωμα της κεραίας.
- Αν η κεραία στραφεί κατά  $90^\circ$  ώστε το επίπεδό της να είναι παράλληλο στη διεύθυνση διαδόσεως του ραδιοκύματος, τότε στις δυο αυτές θέσεις οι επαγόμενες τάσεις έχουν διαφορά φάσεως  $180^\circ$  και λαμβάνουν τη μέγιστη δυνατή τιμή (εξίσωση 2.4).
- Καθώς η κεραία του ραδιογωνιομέτρου περιστρέφεται, η ένταση του επαγόμενου ρεύματος μεταβάλλεται από μια μέγιστη μέχρι μια μηδενική τιμή, ανάλογα με τη διεύθυνση από την οποία φθάνει το λαμβανόμενο ραδιοκύμα.

Το επαγόμενο στην κεραία του ραδιογωνιομέτρου ρεύμα ενισχύεται και αποδίδεται με τη μορφή ακουστικού, συνήθως, σήματος με του οποίου τη βοήθεια προσδιορίζεται η διεύθυνση (ραδιοδιόπτευση) του σταθμού εκπομπής.



Σχ. 2.2ε.

Επαγόμενη τάση σε θρόχο που θρίσκεται σε τυχαία διεύθυνση ως προς τη διεύθυνση διαδόσεως του ραδιοκύματος.

Η διεύθυνση αυτή είναι και η διεύθυνση του επιπέδου της περιστρεφόμενης κεραίας, στην οποία αντιστοιχεί σήμα μέγιστης εντάσεως. Επειδή όμως η μεταβολή της εντάσεως με τη γωνία είναι εντονότερη στις θέσεις της μηδενικής εντάσεως, γι' αυτό για τον προδιορισμό της ραδιοδιωπτεύσεως χρησιμοποιούνται οι θέσεις αυτές και όχι οι θέσεις μέγιστης εντάσεως.

### 2.2.2 Πολικό διάγραμμα περιστρεφόμενης κεραίας θρόχου – Αμφιθολία 180°.

Η μεταβολή της εντάσεως του επαγόμενου στην περιστρεφόμενη κεραία του ραδιογωνιομέτρου ρεύματος, ανάλογα με τη γωνία που σχηματίζεται μεταξύ του επιπέδου τη κεραίας και της διευθύνσεως διαδόσεως του ραδιοκύματος, φαίνεται στο **πολικό διάγραμμα** του σχήματος 2.2στ. Παρατηρούμε ότι υπάρχουν δύο θέσεις της κεραίας, που διαφέρουν κατά 180°, στις οποίες η επαγόμενη στην κεραία τάση λαμβάνει τη μέγιστη τιμή της, και δυο άλλες που διαφέρουν επίσης κατά 180°, στις οποίες μηδενίζεται.

Λόγω των παραπάνω χαρακτηριστικών της περιστρεφόμενης κεραίας, δημιουργείται μια αμφιθολία 180° ως προς την πραγματική διεύθυνση διαδόσεως του ραδιοκύματος, επειδή δυο σήματα που φθάνουν στην κεραία, από διευθύνσεις που διαφέρουν κατά 180°, επάγουν τάσεις που έχουν διαφορά φάσεως 180° και την ίδια ένταση.

### 2.2.3 Άρση αμφιθολίας $180^\circ$ – Κεραία έννοιας.

Η αμφιθολία των  $180^\circ$  της περιστρεφόμενης κεραίας θρόχου αίρεται αν το σήμα της συνδυασθεί με το σήμα μιας βοηθητικής κατακόρυφης κεραίας, που λέγεται κεραία έννοιας.

Η τάση της κατακόρυφης κεραίας έννοιας είναι σταθερή, δεν επηρεάζεται από τη διεύθυνση από την οποία λαμβάνεται το ραδιοκύμα, και το πολικό της διάγραμμα έχει τη μορφή κύκλου (σχ. 2.2ζ).

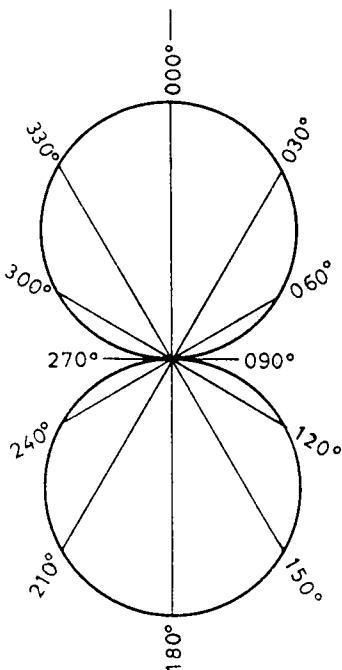
Αν τώρα η τάση της κατακόρυφης κεραίας έννοιας είναι ίση με τη μέγιστη τάση της περιστρεφόμενης κεραίας, ο συνδυασμός των σημάτων των δυο κεραιών θα έχει σαν αποτέλεσμα:

α) Το διπλασιασμό της τάσεως του τελικού σήματος, όταν τα σήματα των δυο κεραιών έχουν την ίδια φάση.

β) Το μηδενισμό της τάσεως του τελικού σήματος, όταν τα σήματα των δυο κεραιών έχουν διαφορά φάσεως  $180^\circ$ .

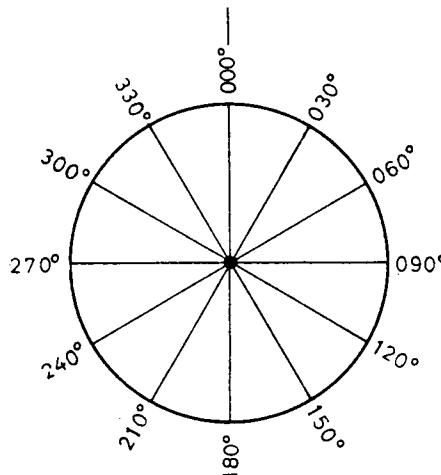
Το πολικό διάγραμμα του σήματος, που προκύπτει από το συνδυασμό των σημάτων της περιστρεφόμενης κεραίας και της κατακόρυφης κεραίας έννοιας, προκύπτει από τα αντίστοιχα πολικά διαγράμματα των σχημάτων 2.2στ και 2.2ζ και έχει τη μορφή του καρδιοειδούς διαγράμματος του σχήματος 2.2η.

Παρατηρούμε ότι με τη χρησιμοποίηση κατακόρυφης κεραίας έννοιας, της οποίας το σήμα έχει τάση ίση με τη μέγιστη τάση του σήματος της περιστρεφόμενης



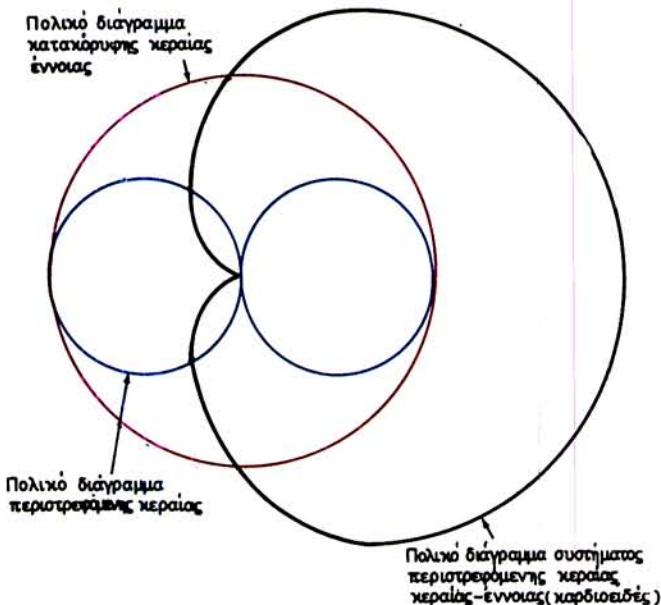
Σχ. 2.2στ.

Πολικό διάγραμμα περιστρεφόμενης κεραίας θρόχου.



Σχ. 2.2ζ.

Πολικό διάγραμμα κατακόρυφης κεραίας.



Σχ. 2.2η.

**Πολικό διάγραμμα (καρδιοειδές) συστήματος περιστρεφόμενης κεραίας βρόχου και κεραίας έννοιας.**

κεραίας, εμφανίζεται μια μόνο θέση μηδενικού σήματος και δεν υπάρχει πλέον αμφιθολία  $180^\circ$ .

Εν τούτοις, αν η τάση της κατακόρυφης κεραίας έννοιας δεν είναι ίση με τη μέγιστη τάση της περιστρεφόμενης κεραίας βρόχου, δημιουργείται αφιθολία ως προς τη θέση μηδενικού σήματος (σχ. 2.2θ και 2.2ι) με αποτέλεσμα οι μετρήσεις να είναι μειωμένης ακρίβειας.

Όταν η τάση της κεραίας έννοιας είναι μεγαλύτερη από την τάση της περιστρεφόμενης κεραίας (σχ. 2.2θ), το σημείο μηδενικού σήματος προσδιορίζεται ασαφώς (για την ακρίβεια δεν υπάρχει σημείο μηδενικής αλλά ελάχιστης τάσεως).

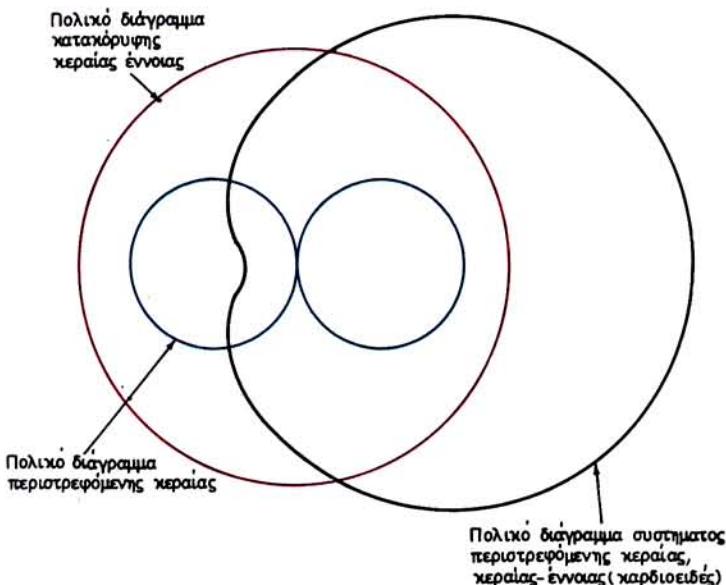
Όταν η τάση της κεραίας έννοιας είναι μικρότερη από την τάση της περιστρεφόμενης κεραίας (σχ. 2.2ι), δημιουργούνται δυο, αντί ενός, σημεία μηδενικού σήματος.

Για τους παραπάνω λόγους, προκειμένου να αποφευχθεί η λήψη ραδιοδιοπτεύσεων μειωμένης ακρίβειας, το κύκλωμα της κεραίας έννοιας πρέπει να ενεργοποιείται μόνο για την άρση της αμφιθολίας  $180^\circ$ , ενώ η ακριβής μέτρηση της ραδιοδιοπτεύσεως πρέπει να γίνεται μόνο με τη χρησιμοποίηση της περιστρεφόμενης κεραίας βρόχου.

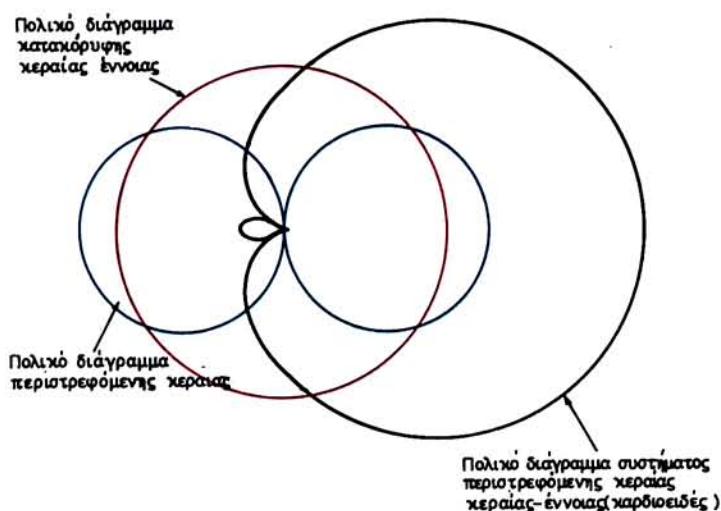
#### 2.2.4 Ραδιογωνιόμετρα περιστρεφόμενης κεραίας.

Ο παλαιότερος και απλούστερος τύπος ραδιογωνιόμετρου είναι το ραδιογωνιόμετρο με περιστρεφόμενη κεραία.

Στα πλοία οι περιστρεφόμενες κεραίες έχουν χρήση μόνο σε παλιούς τύπους

**Σχήμα 2.20.**

Αλλοίωση του καρδιοειδούς διαγράμματος όταν η τάση της κεραίας έννοιας είναι μεγαλύτερη από τη μέγιστη τάση της περιστρεφόμενης κεραίας.

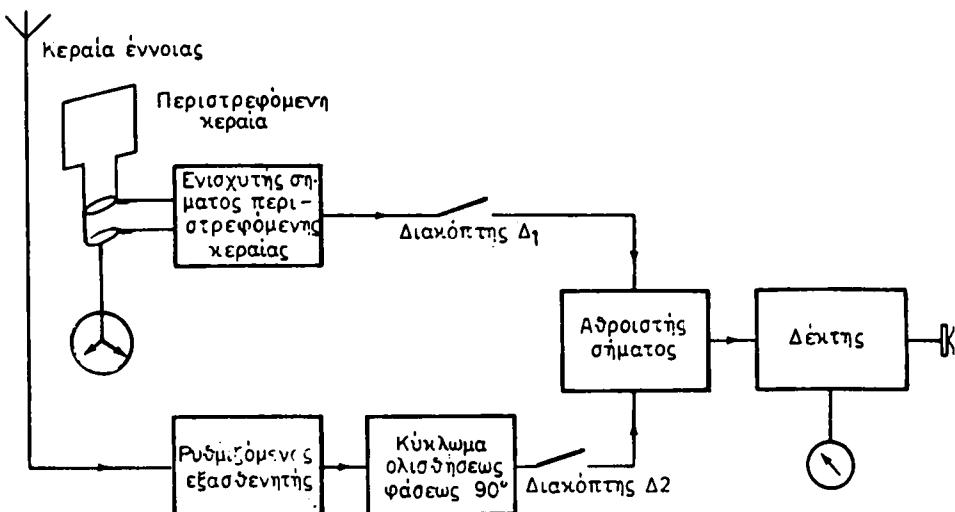
**Σχ. 2.21.**

Αλλοίωση του καρδιοειδούς διαγράμματος όταν η τάση της κεραίας έννοιας είναι μικρότερη από τη μέγιστη τάση της περιστρεφόμενης κεραίας.

ραδιογωνιομέτρων, γιατί παρουσιάζουν αρκετά προβλήματα και περιορισμούς σχετικά με την εγκατάσταση, περιστροφή και μετάδοση της ενδείξεως στο δέκτη, που γίνεται με μηχανικό τρόπο.

Οι περιστρεφόμενες κεραίες πρέπει να τοποθετούνται επάνω ακριβώς από το χώρο εγκαταστάσεως του ραδιογωνιομέτρου. Έτσι ο κατακόρυφος άξονας περιστροφής τους, με τη βοήθεια ενός δείκτη, που είναι στερεωμένος σ' αυτόν με διεύθυνση κάθετη στο επίπεδο της κεραίας, δείχνει τη διεύθυνση της κεραίας επάνω σε ένα ανεμολόγιο, του οποίου η μηδενική υποδιαίρεση ταυτίζεται με το διάμηκες του πλοίου. Με τον τρόπο αυτό οι μετρούμενες ραδιοδιοπτεύσεις είναι σχετικές ενώ, αν ο περιστρεφόμενος δείκτης τοποθετηθεί επάνω από ένα επαναληπτή γυροπυξίδα, έχουμε δυνατότητα ενδείξεως αληθών ραδιοδιοπτεύσεων.

Στο σχήμα 2.2ia φαίνεται το διάγραμμα των κυρίων μερών (κυκλωμάτων) ενός ραδιογωνιομέτρου περιστρεφόμενης κεραίας.



Σχ. 2.2ia.  
Σχηματικό διάγραμμα ραδιογωνιομέτρου περιστρεφόμενης κεραίας.

Επειδή η τάση του σήματος της περιστρεφόμενης κεραίας είναι μικρότερη από την τάση του σήματος της κεραίας έννοιας, το σήμα αυτό, πριν προστεθεί στο σήμα της κεραίας έννοιας, πρέπει να ενισχυθεί. Το σήμα της κεραίας έννοιας, πριν προστεθεί στο σήμα της περιστρεφόμενης κεραίας, διέρχεται από ένα κύκλωμα αυτόματα ρυθμιζόμενου εξασθενητή, προκειμένου η τάση του να γίνει ακριβώς ίση με τη μέγιστη τάση του σήματος της περιστρεφόμενης κεραίας. Στη συνέχεια το σήμα της κεραίας έννοιας, προτού προστεθεί στο σήμα της περιστρεφόμενης κεραίας, διέρχεται από ένα κύκλωμα ολισθήσεως φάσεως  $90^{\circ}$ , έτσι ώστε να είναι σε φάση με το σήμα της περιστρεφόμενης κεραίας.

Η πρόσθεση των σημάτων της κεραίας έννοιας και της περιστρεφόμενης κεραίας γίνεται στο αντίστοιχο κύκλωμα, το οποίο με τη βοήθεια των διακοπών Δ1 και Δ2 παρέχει τους επόμενους τρεις τρόπους λειτουργίας της συσκευής:

- Διακόπτης Δ1 κλειστός και Δ2 ανοιχτός. Η συσκευή λειτουργεί μόνο με την περιστρεφόμενη κεραία και δίνει το πολικό διάγραμμα του σχήματος 2.2στ.
- Διακόπτης Δ1 κλειστός και Δ2 κλειστός. Η συσκευή λειτουργεί και με το κύκλωμα της κεραίας έννοιας και δίνει το καρδιοδειδές διάγραμμα του σχήματος 2.2η.
- Διακόπτης Δ1 ανοικτός και Δ2 κλειστός. Η συσκευή λαμβάνει μόνο το σήμα της κατακόρυφης κεραίας έννοιας και λειτουργεί σαν ένας κοινός δέκτης.

Προκειμένου να διευκολυνθεί ο προσδιορισμός του σημείου μηδενικού (ελάχιστου) σήματος, ο δέκτης έχει ένα μεγάφωνο με το οποίο ο χειριστής ακούει συνεχώς την ένταση του λαμβανόμενου σήματος, που αυξομειώνεται ανάλογα με τη στροφή της κεραίας.

### **2.2.5 Ραδιογωνιόμετρα κεραίας σταθερών θρόχων (κεραία Bellini-Tosi).**

#### **a) Κεραίες σταθερών θρόχων ή κεραίες Bellini-Tosi.**

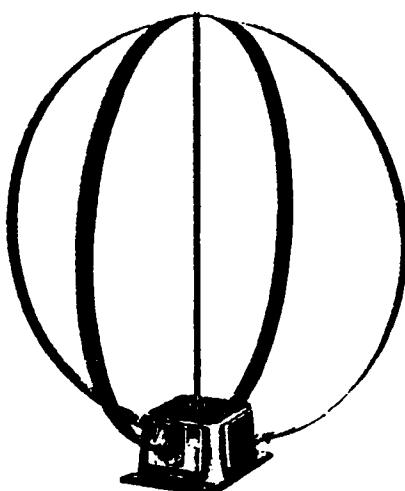
Η χρησιμοποίηση περιστρεφόμενης κεραίας δημιουργεί πολλά προβλήματα και περιορισμούς σχετικά με την επιλογή του χώρου εγκαταστάσεως της κεραίας και του δέκτη, επειδή οι μονάδες αυτές πρέπει να συνδέονται μηχανικά και για το λόγο αυτό να βρίσκονται σε κοντινές θέσεις.

Για την εξουδετέρωση των περιορισμών της περιστρεφόμενης κεραίας, το 1909 οι Bellini και Tosi δημιούργησαν το σύστημα κεραίας σταθερών θρόχων, που ακόμη και σήμερα χρησιμοποιείται στα περισσότερα ραδιογωνιόμετρα.

Το σύστημα αυτό αποτελείται από δυο κεραίες θρόχου, από τις οποίες κάθε μια αποτελεί μια σπείρα ίδια με αυτήν της περιστρεφόμενης κεραίας (σχήματος κυκλικού, τετραγωνικού, τριγωνικού κλπ.).

Τα επίπεδα των δυο σταθερών θρόχων είναι κάθετα μεταξύ τους και το σύστημα τοποθετείται έτσι, ώστε ο ένας θρόχος να βρίσκεται κατά το διάμηκες και ο άλλος κατά το εγκάρσιο του πλοίου.

Με τη διάταξη αυτή, η τάση του σήματος, που λαμβάνεται από κάθε σταθερό



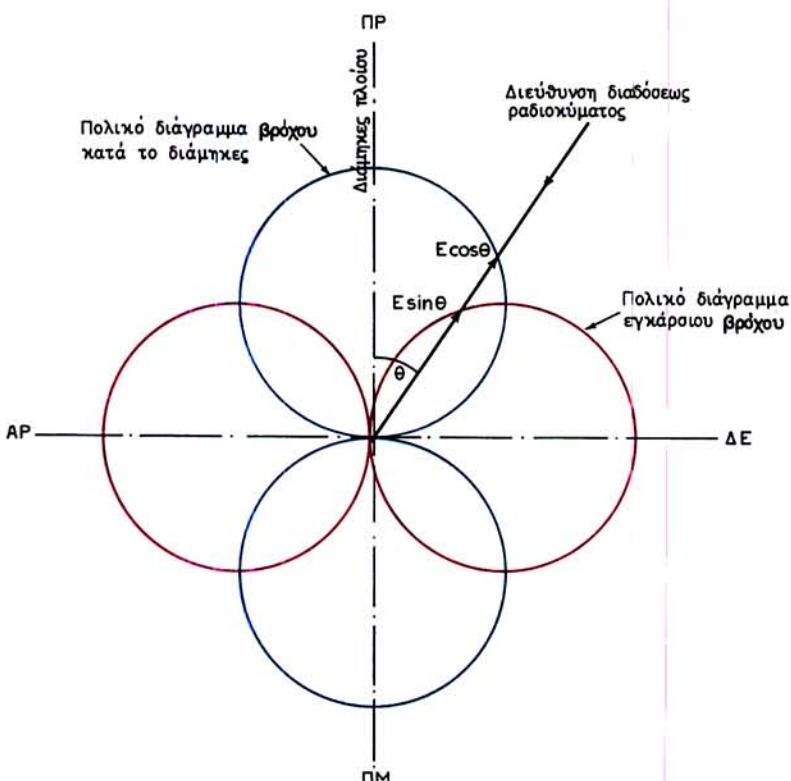
**Σχ. 2.2i6.  
Κεραία σταθερών θρόχων (κεραία Bellini-Tosi).**

θρόχο, εξαρτάται από τη γωνία που σχηματίζει η διεύθυνση διαδόσεως του λαμβανόμενου ραδιοκύματος με τη διεύθυνση του αντίστοιχου θρόχου (διάμηκες ή εγκάρσιο του πλοίου).

Αν  $\theta$  είναι η σχετική διόπτρευση, από την οποία λαμβάνεται το ραδιοκύμα, και  $E$  η μέγιστη τάση του σήματος κάθε θρόχου, που δημιουργείται, όταν η διεύθυνση διαδόσεως είναι κάθετη στο επίπεδο του αντίστοιχου θρόχου, τότε η επαγόμενη στο θρόχο που βρίσκεται κατά το διάμηκες του πλοίου τάση θα είναι  $E \cos \theta$ , ενώ η επαγόμενη στο θρόχο που βρίσκεται κατά το εγκάρσιο του πλοίου θα είναι  $E \sin \theta$  (σχ. 2.2ιγ).

### θ) Πηνίο έρευνας - γωνιόμετρο.

Τα πηνία των δύο θρόχων συνδέονται με δυο άλλα πηνία που βρίσκονται στο δέκτη, τα οποία είναι επίσης σταθερά και τα επίπεδά τους σχηματίζουν γωνία  $90^\circ$  (σχ. 2.2ιδ). Στο εσωτερικό των δύο πηνίων του δέκτη υπάρχει ένα περιστρεφόμενο πηνίο που λέγεται **πηνίο έρευνας**. Το πηνίο έρευνας περιστρέφεται στο μαγνητικό πεδίο που δημιουργείται από τα δυο σταθερά πηνία του δέκτη και η ένταση του ρεύματος που δημιουργείται σ' αυτό είναι ανάλογη με τη γωνία στροφής του (σχ. 2.2ιδ).



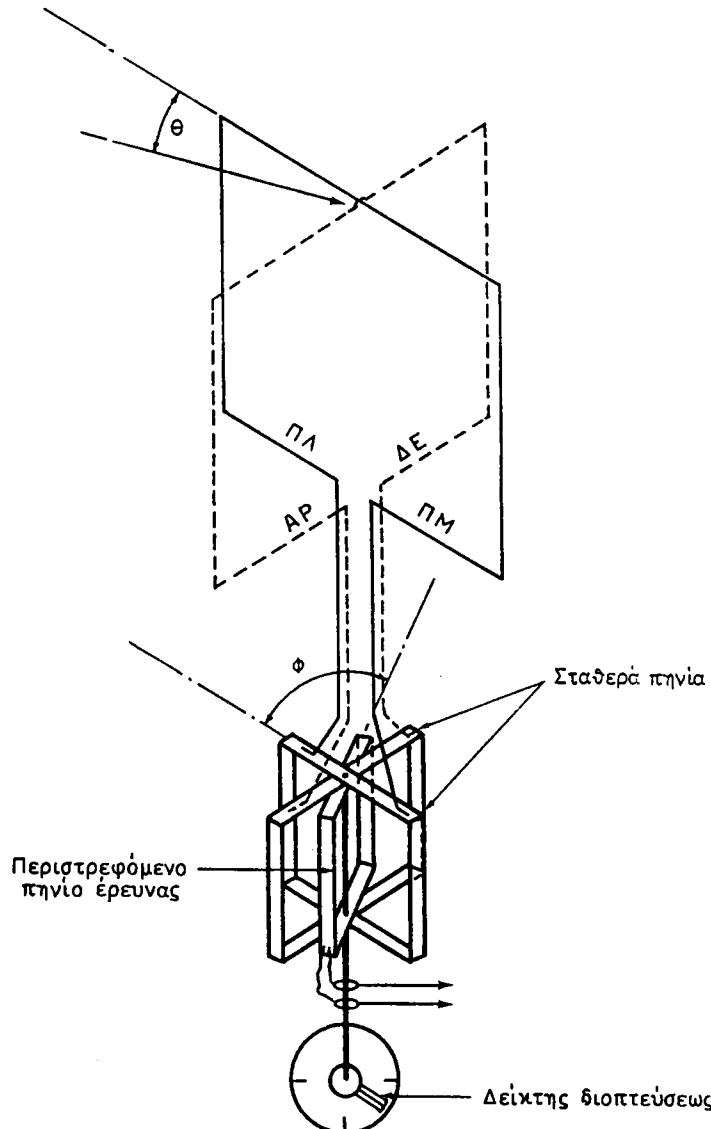
**Σχ. 2.2ιγ.**  
Πολικό διάγραμμα συστήματος κεραίας σταθερών θρόχων.

Η τάση που επάγεται στο πηνίο έρευνας είναι ανάλογη προς την τιμή:

$$\begin{aligned} & E \cos \theta \cos \phi - E \sin \theta \sin \phi \\ \text{και όταν, } & E \cos \theta \cos \phi - E \sin \theta \sin \phi = 0 \\ \text{δηλαδή όταν, } & \cot \theta = \tan \phi \text{ η επαγόμενη τάση μηδενίζεται.} \end{aligned}$$

Αυτό συμβαίνει όταν  $\theta = \phi + 90^\circ + n180^\circ$ ,  
όπου  $n = 0$  ή οποιοσδήποτε ακέραιος αριθμός.

όπου  $E$  η τάση που επάγεται σε κάθε σταθερό θρόχο, όταν η διεύθυνση διαδόσεως του ραδιοκύματος είναι παράλληλη στο θρόχο.



**Σχ. 2.2ιδ.**

Λειτουργία του πηνίου έρευνας στο σύστημα κεραίας σταθερών θρόχων.

Το πολικό διάγραμμα του πηνίου έρευνας έχει την ίδια μορφή με το πολικό διάγραμμα της περιστρεφόμενης κεραίας του σχήματος 2.2στ και για το λόγο αυτό το σύστημα του περιστρεφόμενου πηνίου έρευνας, το οποίο λέγεται και **γωνιόμετρο**, συνδέεται με δείκτη που περιστρέφεται επάνω σε ανεμολόγιο για την ένδειξη της σχετικής ραδιοδιοπτεύσεως στη θέση που αντιστοιχεί στην ελάχιστη ένταση λαμβανόμενου νηστικού σήματος.

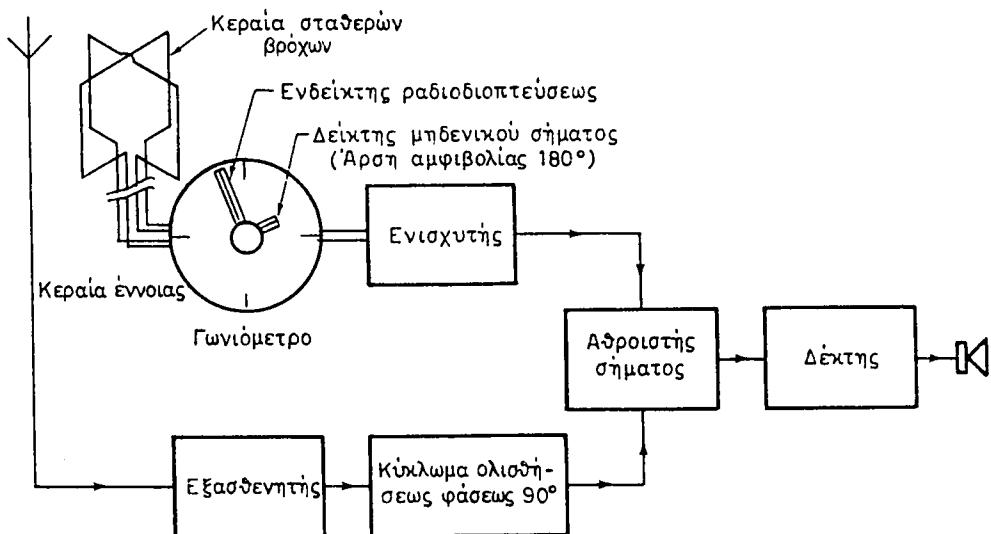
Στο σχήμα 2.2ιε φαίνεται το διάγραμμα των κυρίων μερών ραδιογωνιομέτρου κεραίας σταθερών βρόχων. Παρατηρούμε ότι, εκτός από την κεραία και το γωνιόμετρο, το διάγραμμα είναι ίδιο με το αντίστοιχο του ραδιογωνιομέτρου περιστρεφόμενης κεραίας του σχήματος 2.2ια.

### 2.2.6 Αυτόματοι δέκτες ραδιογωνιομέτρου.

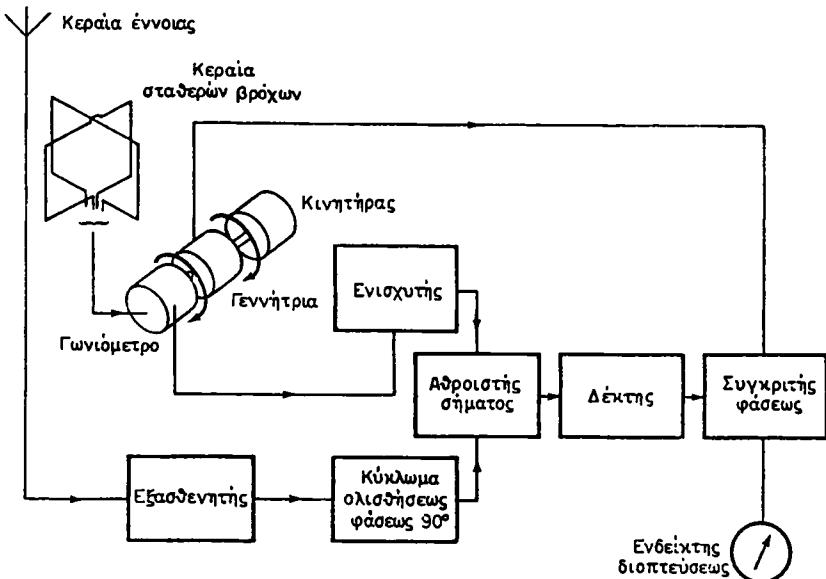
Τα ραδιογωνιόμετρα κεραίας σταθερών βρόχων, που περιγράφηκαν προηγούμενα, ονομάζονται χειροκίνητα ραδιογωνιόμετρα, επειδή για τη μέτρηση της ραδιοδιοπτεύσεως ο χειριστής πρέπει να στρέψει χειροκίνητα είτε την κεραία είτε το πηνίο έρευνας.

Στους σύγχρονους τύπους ραδιογωνιομέτρου, η ένδειξη της ραδιοδιοπτεύσεως εμφανίζεται αυτόματα μετά από το συντονισμό της συσκευής στην κατάλληλη συχνότητα. Αυτό επιτυγχάνεται με τη συνεχή περιστροφή του πηνίου έρευνας (γωνιόμετρου), που ανάλογα με τον τύπο του δέκτη μπορεί να γίνει:

- Με τη σύνδεση του γωνιόμετρου με γεννήτρια ηλεκτρικού ρεύματος, που είναι συνδεμένη με τον κινητήρα περιστροφής του γωνιόμετρου (σχ. 2.2ιστ).
- Με τη σύνδεση του γωνιόμετρου με σερβοκινητήρα (σχ. 2.2ιζ).

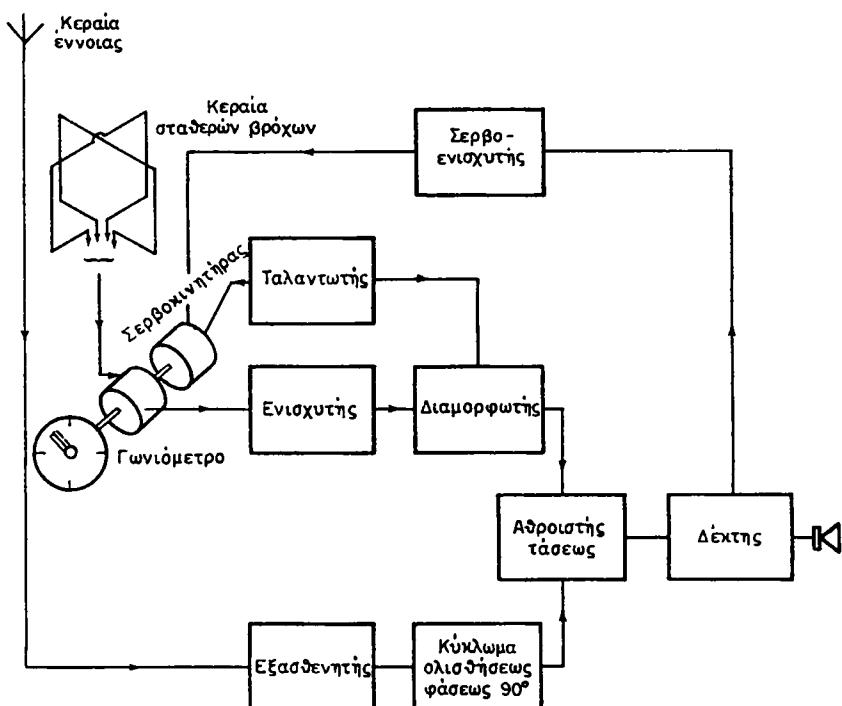


**Σχ. 2.2ιε.**  
Σχηματικό διάγραμμα ραδιογωνιομέτρου κεραίας σταθερών βρόχων.



Σχ. 2.2ιστ.

Σχηματικό διάγραμμα αυτόματου ραδιογωνιομέτρου με ηλεκτρομηχανικό γωνιόμετρο



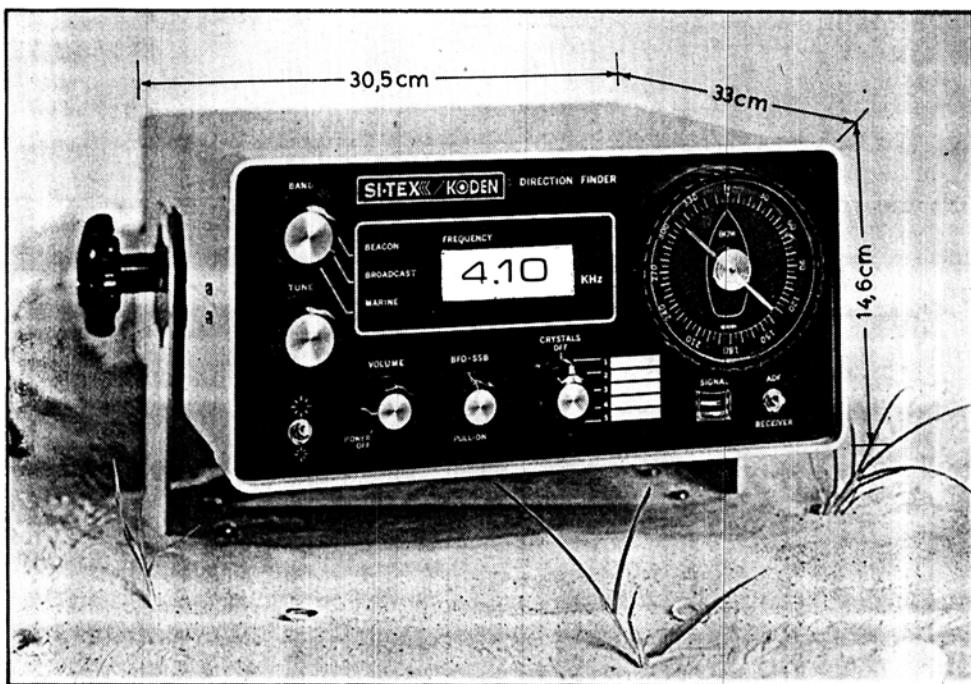
Σχ. 2.2ιζ.

Σχηματικό διάγραμμα αυτόματου ραδιογωνιομέτρου με σερβομηχανικό γωνιόμετρο.

Πολλοί αυτόματοι δέκτες ραδιογωνιομέτρου έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν την ένδειξη της ραδιοδιοπτεύσεως και σε ψηφιακό ενδείκτη. Άλλη δυνατότητα ορισμένων αυτομάτων ραδιογωνιομέτρων είναι η ύπαρξη ειδικού ρυθμιστή για την ενεργοποίηση του κυκλώματος αντισταθμίσεως του τεταρτοκυκλικού σφάλματος που οφείλεται στις υπερκατασκευές του πλοίου [§ 2.3 (γ)].

Στα σχήματα 2.2ιη και 2.2ιθ φαίνονται δυο ραδιογωνιόμετρα αυτόματου τύπου. Στα ραδιογωνιόμετρα αυτά ο χειριστής δεν έχει παρά να συντονίσει το δέκτη στη συχνότητα εκπομπής του ραδιοφάρου και η ένδειξη της ραδιοδιοπτεύσεως γίνεται αυτόματα.

Στο ραδιογωνιόμετρο του σχήματος 2.2ιη ο ενδείκτης των ραδιοδιοπτεύσεων έχει τη μορφή ανεμολογίου, το οποίο μπορεί να στρέφεται από το χειριστή έτσι, ώστε η ένδειξη της πλώρης (bow) να αντιστοιχεί:



Σχ. 2.2ιη.

Χαρακτηριστικός τύπος αυτόματου ραδιογωνιομέτρου της εταιρείας SI-TEX.

Το ραδιογωνιόμετρο αυτό λειτουργεί με σύστημα κεραίας σταθερών κυκλικών θρογών διαμέτρου 45 cm. Όπως συμβαίνει με όλα τα αυτόματα ραδιογωνιόμετρα, ο χειρισμός είναι απλούστατος. Ο χειριστής απλώς συντονίζει το δέκτη στη συχνότητα εκπομπής του ραδιοφάρου και η ένδειξη της ραδιοδιοπτεύσεως γίνεται αυτομάτα. Οι ενδείξεις των ραδιοδιοπτεύσεων είναι δυνατό να είναι σχετικές ή αληθεις. Όταν η ένδειξη του θορρά του ανεμολογίου του ενδείκτη ταυτισθεί με την ένδειξη της πλώρης, έχομε σχετικές ραδιοδιοπτεύσεις, ενώ όταν η ένδειξη της πλώρης ταυτισθεί με την πορεία του οκάφους, έχομε αληθεις ραδιοδιοπτεύσεις.



**Σχ. 2.2ιθ.**

Χαρακτηριστικός τύπος αυτόματου ραδιογωνιομέτρου με ενσωματωμένο μικροϋπολογιστή για την επίλυση ναυτιλικών προβλημάτων

- Στο βορρά, οπότε οι λαμβανόμενες ραδιοδιοπτεύσεις είναι σχετικές.
- Στην πορεία του πλοίου, οπότε οι λαμβανόμενες ραδιοδιοπτεύσεις είναι αληθείς.

Το αυτόματο ραδιογωνιόμετρο του σχήματος 2.2ιθ, λόγω του ενσωματωμένου μικροϋπολογιστή και της δυνατότητας συνδέσεώς του με τη γυροπιξίδα, έχει περισσότερες δυνατότητες από αυτό του σχήματος 2.2η, τις εξής:

- Αυτόματη ένδειξη στον ψηφιακό ενδείκτη της σχετικής ή αληθούς ραδιοδιοπτεύσεως, μαζί με τη συχνότητα του ραδιοφάρου.
- Δυνατότητα καταχωρίσεως στη μνήμη του μέχρι 169 συχνοτήτων ραδιοφάρων.
- Δυνατότητα αυτόματου συντονισμού για τέσσερις ραδιοφάρους.
- Αυτόματη διόρθωση του σφάλματος αντισταθμίσεως [§ 2.34(γ)] με βάση τα στοιχεία της αντίστοιχης καμπύλης διορθώσεως (Calibration Curve) που καταχωρίζονται στη μνήμη του ραδιογωνιομέτρου.
- Επίλυση ναυτιλιακών προβλημάτων με τη βοήθεια του ενσωματωμένου μικροϋπολογιστή.

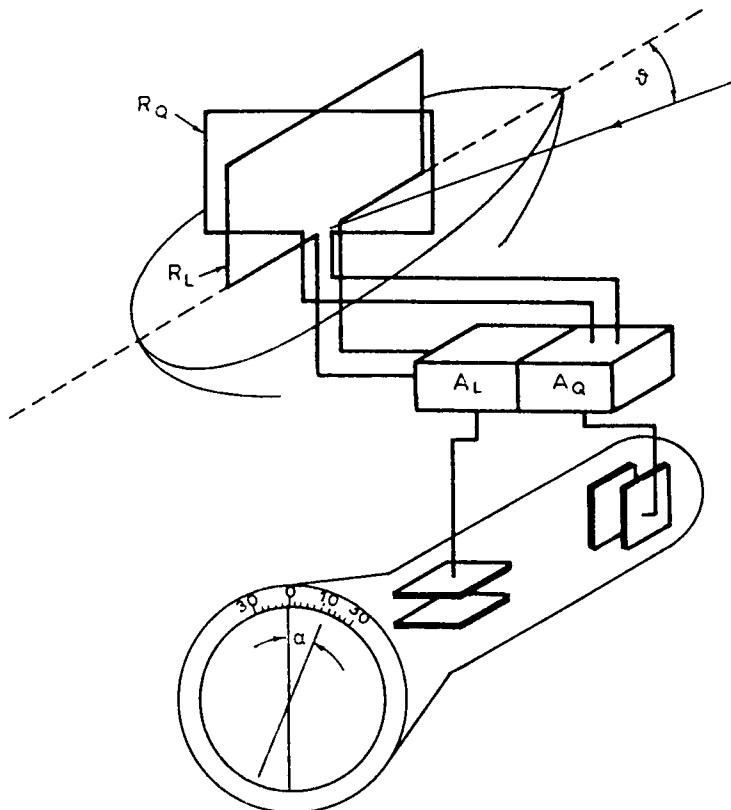
### 2.2.7 Ραδιογωνιόμετρα με καθοδική οθόνη ενδείξεως ραδιοδιοπτεύσεων.

Ένας άλλος τύπος αυτόματου ραδιογωνιομέτρου που χρησιμοποιείται κυρίως σε ραδιογωνιόμετρα αεροσκαφών, παρέχει εκτός από την ακουστική και οπτική ένδειξη της ραδιοδιοπτεύσεως στην οθόνη ενός καθοδικού σωλήνα.

Η αρχή λειτουργίας του ραδιογωνιομέτρου με οθόνη καθοδικού σωλήνα για την οπτική ένδειξη των ραδιοδιοπτεύσεων, φαίνεται στο σχήμα 2.2κ. Αν θ είναι η σχετική διόπτευση από την οποία λαμβάνεται το ραδιοκύμα, οι τάσεις  $E \cos \theta$  και  $E \sin \theta$  που επάγονται στους δυο θρόχους  $R_L$  και  $R_Q$  της κεραίας σταθερών θρόχων, αφού ενισχυθούν στους ενισχυτές  $A_L$  και  $A_Q$  αντίστοιχα, καταλήγουν στα δυο κυκλώματα εκτροπής της φωτεινής ακτίνας του καθοδικού σωλήνα.

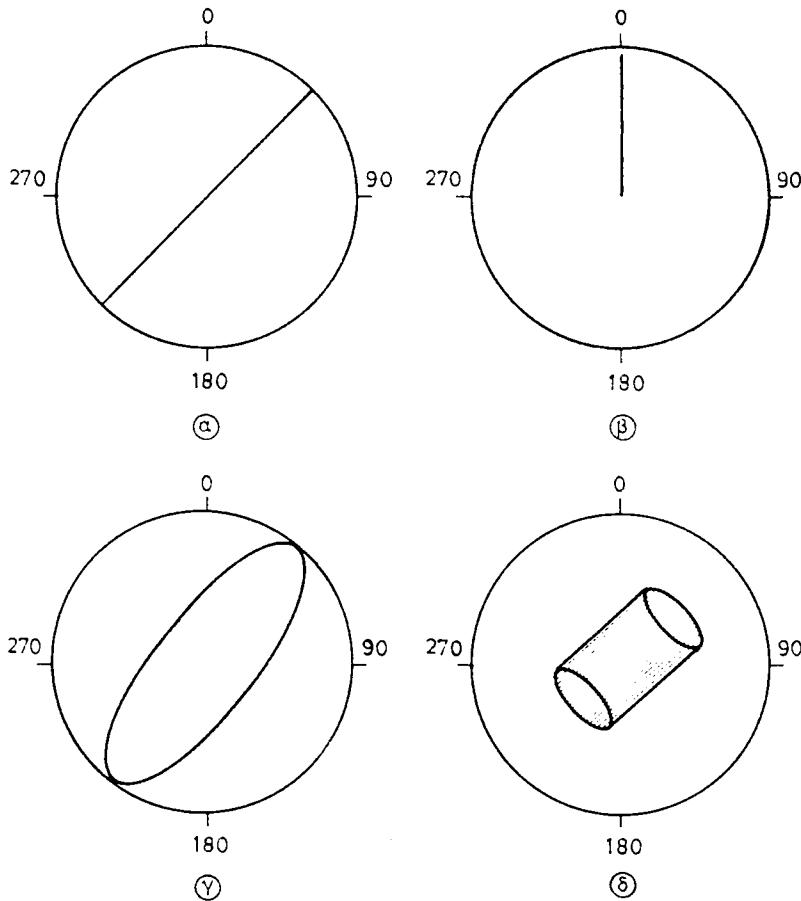
Προκειμένου να έχουμε ακριβή απεικόνιση στην οθόνη, πρέπει τα σήματα που καταλήγουν στα κυκλώματα εκτροπής της φωτεινής ακτίνας να έχουν τάσεις ανάλογες με τις αντίστοιχες των σταθερών θρόχων  $R_L$  και  $R_Q$ .

Η απεικόνιση της σχετικής ραδιοδιοπτεύσεως στην οθόνη έχει τη μορφή της λεπτής γραμμής των σχημάτων 2.2κ και 2.2κα(α), μόνο όταν το λαμβανόμενο στο δέκτη σήμα προέρχεται αποκλειστικά από διάδοση με κύμα εδάφους



Σχ. 2.2κ.

Αρχή λειτουργίας ραδιογωνιομέτρου με καθοδική οθόνη ενδείξεως ραδιοδιοπτεύσεων.



Σχ. 2.2κα.

Ενδείξεις καθοδικής οθόνης ραδιογωνιομέτρου.

- α) Κανονική ένδειξη. β) Ένδειξη κεραίας έννοιας. γ) Ένδειξη υπάρκεως ουράνιου κύματος.  
δ) Ένδειξη λήψεως δύο σημάτων.

χωρίς να υπάρχουν παρασιτικοί θόρυβοι από λήψεις άλλων σημάτων (λειτουργία άλλων συσκευών κλπ.). Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή, όταν έχομε λήψη ουράνιου κύματος ή ύπαρκη θορύβου, η απεικόνιση της ραδιοδιοπτεύσεως στην οθόνη της συσκευής έχει το σχήμα ελλείψεως [σχ. 2.2κα(γ)]. Στην περίπτωση αυτή η μέτρηση της ραδιοδιοπτεύσεως γίνεται κατά τη διεύθυνση του μεγάλου ημιάξονα της ελλείψεως που εμφανίζεται στην οθόνη.

Στα ραδιογωνιόμετρα αυτά η αμφιθολία των  $180^\circ$  αίρεται με τη χρησιμοποίηση κεραίας έννοιας, οπότε δεν φωτίζεται όλη η διάμετρος της οθόνης, αλλά μόνο η ακτίνα που δείχνει τη σωστή διόπτρευση. Εν τούτοις, τις περισσότερες φορές η κεραία έννοιας συνδέεται μόνο με το ένα σταθερό πλαίσιο, οπότε η αμφιθολία των  $180^\circ$  αίρεται από την ένδειξη της κεραίας έννοιας στον ενδείκτη (στη διεύθυνση προς  $0^\circ - 180^\circ$  ή  $90^\circ - 270^\circ$ ). Ένα παράδειγμα χρησιμοποιήσεως

της κεραίας έννοιας φαίνεται στο σχήμα 2.2κα, όπου από την ένδειξη 2.2κα(β) προκύπτει ότι η σωστή διόπτευση είναι  $045^\circ$  και όχι  $225^\circ$ .

Όταν ο δέκτης λαμβάνει σήμα από δυο σταθμούς, στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη του σχήματος 2.2κα(δ). Στην περίπτωση αυτή οι ραδιοδιοπτεύσεις των δυο σταθμών προσδιορίζονται από τις παράλληλες πλευρές του σχηματιζόμενου παραλληλογράμμου.

### 2.3 Σφάλματα ραδιογωνιομέτρου και τρόποι περιορισμού τους.

Τα ραδιογωνιόμετρα όταν λειτουργούν κάτω από ιδανικές συνθήκες, προσδιορίζουν τις ραδιοδιοπτεύσεις με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Εν τούτοις, η ακρίβεια που επιτυγχάνεται στην πράξη είναι χαμηλότερη από τη διακριτική ικανότητα της συσκευής, γιατί ο δέκτης απλώς προσδιορίζει τη διεύθυνση απ' όπου λαμβάνεται το σήμα του πομπού (ραδιοφάρου, πλοίου κλπ.), που συνήθως δεν ταυτίζεται με την αντίστοιχη διόπτευση. Η διαφορά αυτή οφείλεται σε διάφορους παράγοντες, που επιδρούν στη διάδοση των ραδιοκυμάτων και δημιουργούν εκτροπή από την κανονική τους διαδρομή. Οι παράγοντες αυτοί δημιουργούν τα διάφορα σφάλματα των μετρουμένων ραδιοδιοπτεύσεων που αναφέρονται στη συνέχεια.

#### 2.3.1 Σφάλμα λόγω συννεύσεως των μεσημβρινών.

Κάτω από ιδανικές συνθήκες διαδόσεως τα ραδιοκύματα, που εκπέμπονται από ένα ραδιοφάρο ή άλλο πομπό, ακολουθούν επάνω στη γήινη επιφάνεια διαδρομές που είναι τόξα μέγιστου κύκλου. Επομένως οι διαδρομές αυτές, σαν ορθοδρομικά τόξα, απεικονίζονται στο μερκατορικό χάρτη σαν καμπύλες με τα κοίλα στραμμένα προς τον ισημερινό (σχ. 2.3α).

Για τη χάραξη των ραδιοδιοπτεύσεων στο μερκατορικό χάρτη σαν ευθείες, πρέπει οι ορθοδρομικές ραδιοδιοπτεύσεις να μετατραπούν σε αντίστοιχες λοξοδρομικές. Το σφάλμα που οφείλεται στη διαφορά της ορθοδρομικής από τη λοξοδρομική είναι ίσο με το μισό της συννεύσεως των μεσημβρινών.

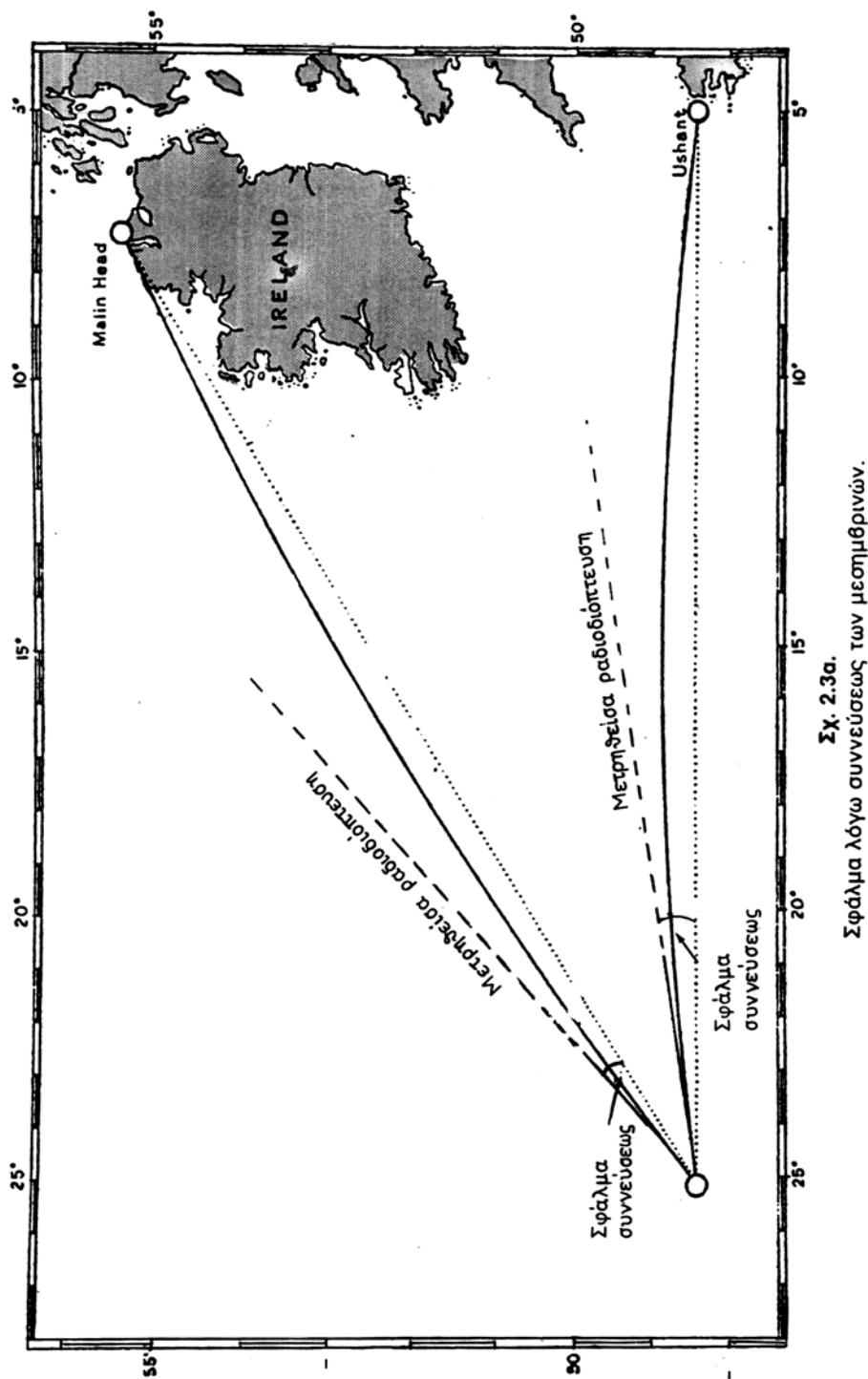
Επάνω στη γήινη σφαίρα οι μεσημβρινοί συγκλίνουν προς τους πόλους και η διαφορά των γωνιών, που σχηματίζει ένα τόξο μέγιστου κύκλου με δυο μεσημβρινούς, αποτελεί τη σύννευση των μεσημβρινών, η τιμή της οποίας δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Σύννευση} = \text{Διαφορά μήκους} \times \text{ημίτονο μέσου πλάτους} \quad (2.5)$$

(σε πρώτα λεπτά)

Όλες οι μετρούμενες ραδιοδιοπτεύσεις, για να χαραχθούν στο μερκατορικό χάρτη σαν ευθείες, πρέπει να διορθωθούν με το μισό της συννεύσεως. Η διόρθωση είναι προσθετική ή αφαιρετική ανάλογα με τη σχετική θέση ραδιογωνιομέτρου-ραδιοφάρου, έτσι, ώστε η ορθοδρομική διόπτευση να μετακινηθεί προς τον ισημερινό για να γίνει λοξοδρομική.

Το πρόσημο της διορθώσεως μπορεί να προσδιορισθεί και με βάση τον επόμενο μνημονικό κανόνα:



Σφίλαμα λόγω συννεύσεως των μεσημβρινών.

Σχ. 2.3α.

**Στο Βόρειο ημισφαίριο:**

– Όταν το πλοίο είναι ανατολικά του ραδιοφάρου η διόρθωση είναι αφαιρετική.

– Όταν το πλοίο είναι δυτικά του ραδιοφάρου η διόρθωση είναι προσθετική.

**Στο Νότιο ημισφαίριο:**

Ισχύουν τα αντίστροφα.

Είναι προφανές ότι, όταν το πλοίο και ο ραδιοφάρος θρίσκονται στον ισημερινό ή στον ίδιο μεσημβρινό, το σφάλμα, λόγω συννεύσεως μεσημβρινών, μηδενίζεται.

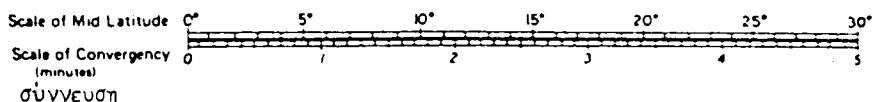
Εκτός από τη σχέση (2.5), η σύννευση των μεσημβρινών μπορεί να προσδιορισθεί και με ένα από τους επόμενους τρόπους:

α) Με χρησιμοποίηση ειδικών πινάκων (Bowditch, Pub 117 των ΗΠΑ κλπ.) όπου ως στοιχεία εισόδου χρησιμοποιούμε τη διαφορά μήκους και το μέσο πλάτος.

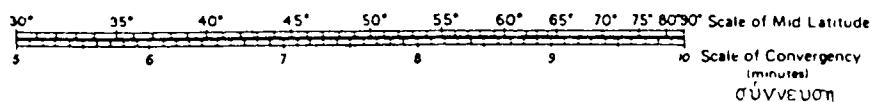
β) Με χρησιμοποίηση του νομογράμματος του σχήματος 2.36 που υπάρχει στην έκδοση Admiralty List of Radio Signals, Vol 2.

**Scales for obtaining the Convergency for 10' Diff. Longitude in different Latitudes**

**Μέσο πλάτος**



**Μέσο πλάτος**



**Σχ. 2.36.**

Νομόγραμμα προσδιορισμού της συννεύσεως των μεσημβρινών για διαφορά μήκους 10°.

(Από την έκδοση Admiralty List of Radio Signals Vol 2)

**Παράδειγμα υπολογισμού σφάλματος λόγω συννεύσεως.**

$$\text{Στίγμα πλοίου} \quad \phi: 50^{\circ} 05' N \quad \lambda: 1^{\circ} 52' W$$

$$\text{Στίγμα ραδιοφάρου} \quad \phi: 50^{\circ} 55' N \quad \lambda: 5^{\circ} 10' W$$

$$\text{Διαφορά μήκους} \quad = 4^{\circ} 42' = 282'$$

$$\text{Μέσο πλάτος} \quad = 50^{\circ} 30'$$

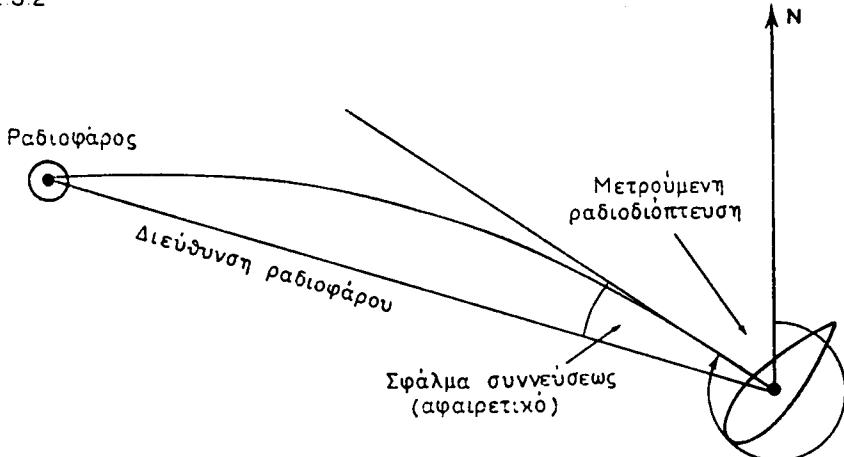
Από το διάγραμμα του σχήματος 2.36, κάτω από την ένδειξη του μέσου πλάτους  $50^{\circ} 30' N$ , βρίσκομε την τιμή 7,7, η οποία είναι η τιμή της συννεύσεως των μεσημβρινών, που αντιστοιχεί σε διαφορά μήκους  $10'$ . Πολλαπλασιάζομε την τιμή 7,7 με την τιμή 28,2 (το δέκατο της διαφοράς μήκους) και η τιμή της συννεύσεως του παραδείγματος μας είναι:  $7,7 \times 28,2 = 217'$ .

Το σφάλμα λόγω συννεύσεως είναι ίσο με:  $\frac{1}{2} 217' = 108,5' = 1^{\circ} 48,5'$  και το πρόσημό του αρνητικό.

Ο προσδιορισμός του προσήμου της διορθώσεως γίνεται αν υποτυπώσουμε πρόχειρα τη σχετική θέση πλοίου και ραδιοφάρου και χαράξομε το ορθοδρομι-

κό τόξο που διέρχεται από τις θέσεις αυτές (σχ. 2.3γ), οπότε βλέπομε, ότι για τη μετατροπή της ορθοδρομικής ραδιοδιοπτεύσεως σε λοξοδρομική, το σφάλμα λόγω συννεύσεως πρέπει να είναι αφαιρετικό. Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγομε και με τη χρησιμοποίηση του μνημονικού κανόνα που προαναφέρθηκε.

Ευκολα επαληθεύεται, ότι η ίδια τιμή του σφάλματος λόγω συννεύσεως των μεσημβρινών ( $1^{\circ} 48,5'$ ) προκύπτει, αν αντί του νομογράμματος του σχήματος 2.36 χρησιμοποιήσουμε τη σχέση (2.5) ή οποιονδήποτε από τους πίνακες 2.3.1 και 2.3.2.



Σχ. 2.3γ.

Προσδιορισμός προσήμου του σφάλματος λόγω συννεύσεως.

### 2.3.2 Σφάλμα πολικότητας ή επίδραση νύκτας.

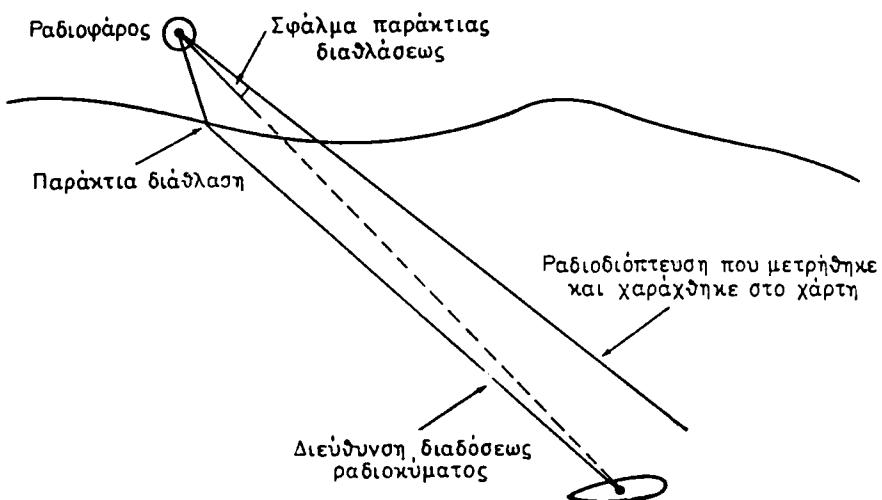
Για τον ακριβή προσδιορισμό της ραδιοδιοπτεύσεως πρέπει το λαμβανόμενο στο δέκτη ραδιοκύμα να προέρχεται αποκλειστικά από διάδοση με κύμα εδάφους. Όταν στο δέκτη λαμβάνεται και ουράνιο κύμα, δημιουργείται ένα σφάλμα, που παρατηρείται κυρίως κατά τη νύκτα, οπότε οι μεσαίες συχνότητες διαδίδονται με ουράνια κύματα και έχει μέγιστη τιμή κατά την ανατολή και δύση του ηλίου.

Επειδή το σφάλμα αυτό λαμβάνει πολύ μεγάλες τιμές, όταν υποψιαζόμαστε την ύπαρξη ουράνιου κύματος, δεν θα πρέπει να λαμβάνομε ραδιοδιοπτεύσεις. Εν τούτοις, αν απαιτηθεί να χρησιμοποιήσουμε σήματα που διαδίδονται και με ουράνια κύματα, μπορούμε να ελαχιστοποιήσουμε το σφάλμα πολικότητας λαμβάνοντας αρκετές διαδοχικές ραδιοδιοπτεύσεις και χρησιμοποιώντας το μέσο όρο των ενδείξεων.

### 2.3.3 Σφάλμα παράκτιας διαθλάσσεως ή επίδραση ακτής.

Το σφάλμα αυτό (σχ. 2.3δ) παρατηρείται, όταν το ραδιοκύμα που εκπέμπεται από ένα σταθμό ξηράς, για να φθάσει στο δέκτη του πλοίου ακολουθεί διαδρομή που τέμνει την ακτογραμμή με γωνία μικρότερη από  $90^{\circ}$ . Στην περίπτωση αυτή, λόγω της διαφορετικής αγωγιμότητας της ατμόσφαιρας επάνω από την ξηρά και τη θάλασσα αντίστοιχα, δημιουργείται διάθλαση του ραδιοκύματος με αποτέλεσμα τη ληψη λανθασμένης ραδιοδιοπτεύσεως.

Το σφάλμα παράκτιας διαθλάσεως είναι δυνατό να λάθει τιμές που πολλές φορές ξεπερνούν τις  $5^\circ$ . Για το λόγο αυτό ο ναυτιλλόμενος πρέπει να προσέχει ιδιαίτερα στην επιλογή των κατά περίπτωση καταλληλοτέρων ραδιοφάρων, ανάλογα με τη σχετική θέση πλοίου-ραδιοφάρου, σε συνδυασμό με την ακτογραμμή και την απόσταση του ραδιοφάρου από την ακτή. Ραδιοδιοπτεύσεις που σχηματίζουν γωνία μικρότερη από  $15^\circ - 20^\circ$  με την ακτογραμμή δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται.



**Σχ. 2.3δ.**  
Σφάλμα παράκτιας διαθλάσεως.

#### 2.3.4 Σφάλματα που οφείλονται στο πλοίο.

Τα σφάλματα του ραδιογωνιομέτρου που εξετάσθηκαν μέχρι τώρα, οφείλονται σε παράγοντες εκτός πλοίου, που δημιουργούν μια εκτροπή της διαδρομής διαδόσεως του ραδιοκύματος από τη σωστή διόπτευση του ραδιοφάρου, που πρέπει να χαραχθεί στο μερκατορικό χάρτη. Εκτροπή της διαδρομής των ραδιοκυμάτων δημιουργείται και από την επίδραση του ίδιου του σκάφους. Τα κυριότερα σφάλματα που οφείλονται στην επίδραση του σκάφους είναι το **τεταρτοκυκλικό και το ημικυκλικό**.

##### a) Τεταρτοκυκλικό σφάλμα (quadrantal error).

Η ονομασία του σφάλματος αυτού οφείλεται στο γεγονός, ότι λαμβάνει τις μέγιστες τιμές στα τέσσερα τεταρτημόρια  $045^\circ, 135^\circ, 225^\circ, 315^\circ$ , ενώ μηδενίζεται στις σχετικές διοπτεύσεις  $0^\circ, 90^\circ, 180^\circ$  και  $270^\circ$ . Προσδιορίζοντας τις τιμές του σφάλματος αυτού για διάφορες ραδιοδιοπτεύσεις προκύπτει η καμπύλη διορθώσεως του σχήματος 2.3ε.

Το τεταρτοκυκλικό σφάλμα οφείλεται στην επίδραση του μαγνητικού πεδίου του σκάφους, το οποίο προκύπτει από τα ρεύματα επαγωγής που δημιουργούνται από το μαγνητικό πεδίο του ραδιοκύματος. Η επίδραση αυτή έχει ως

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.1****Διορθώσεις ραδιοδιοπτεύσεων λόγω συννεύσεως μεσημβρινών**

(Από την έκδοση των ΗΠΑ: Pub 117: Radio Navigational Aids)

**100.F Radio Bearing Conversion Table***Correction to be applied to radio bearing to convert to Mercator bearing***Difference of longitude**

Mid lat	0 5°	1°	1 5°	2°	2 5°	3°	3 5°	4°	4 5°	5°	5 5°	6°	6 5°	7°	7 5°	Mid lat
*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
4	-	-	-	-	01	01	01	C1	02	02	02	02	02	02	03	4
5	-	01	01	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	5
6	-	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	6
7	-	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	7
8	-	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5	8
9	-	1	1	1	1	2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	9
10	-	1	1	1	1	2	2	3	4	4	4	5	5	6	6	10
11	-	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	11
12	1	1	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	12
13	1	1	2	2	3	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8	13
14	1	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8	9	9	14
15	1	1	2	3	3	4	4	5	6	6	7	8	8	9	10	15
16	-	2	-	2	-	3	4	5	6	6	-	8	9	10	10	16
27	1	4	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14	15	16	18	28
28	1	2	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	16	17	18	29
29	1	2	4	5	6	7	8	10	11	12	13	14	16	17	18	30
30	1	2	4	5	6	8	9	10	11	12	14	15	16	18	19	30
31	1	2	4	5	6	8	9	10	12	13	14	16	17	18	19	31
32	1	3	4	5	7	8	9	11	12	13	14	16	17	18	20	32
33	1	3	4	6	7	8	10	11	12	14	15	16	18	19	20	33
34	1	3	4	6	7	8	10	11	12	14	15	17	18	20	21	34
35	1	3	4	6	7	9	10	12	13	14	16	17	19	20	22	35
36	1	3	4	6	7	9	10	12	13	15	16	18	19	21	22	36
37	2	3	4	6	8	9	11	12	14	15	16	18	19	21	22	37
38	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15	17	18	20	22	23	38
39	2	3	5	6	8	10	11	12	14	16	17	19	21	22	24	39
40	2	3	5	6	8	10	11	13	14	16	18	19	21	22	24	40
41	2	3	5	6	8	10	12	13	15	16	18	20	21	23	25	41
42	2	3	5	7	8	10	12	13	15	17	18	20	22	23	25	42
43	2	3	5	7	8	10	12	14	15	17	19	21	22	24	26	43
44	2	4	5	7	9	11	12	14	16	17	19	21	22	24	26	44
45	2	4	5	7	9	11	12	14	16	18	20	21	23	25	26	45
46	2	4	5	7	9	11	13	14	16	18	20	22	23	25	27	46
47	2	4	6	7	9	11	13	15	17	18	20	22	24	26	28	47
48	2	4	6	8	9	11	13	15	17	18	21	22	24	26	28	48
49	2	4	6	8	10	11	13	15	17	19	21	23	25	26	28	49
50	2	4	6	8	10	11	13	15	17	19	21	23	25	27	29	50
51	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	21	23	25	27	29	51
52	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	52
53	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	53
54	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	54
55	2	4	6	8	10	12	14	16	18	21	22	24	27	29	31	55
56	2	4	6	8	10	12	14	17	19	21	23	25	27	29	31	56
57	2	4	6	8	11	12	15	17	19	21	23	25	27	29	32	57
58	2	4	6	8	11	13	15	17	19	21	23	26	28	30	32	58
59	2	4	6	8	11	13	15	17	19	22	24	26	28	30	32	59
60	2	4	6	9	11	13	15	17	20	22	24	26	28	30	32	60

Receiver (latitude)	Transmitter (direction from receiver)	Correction Sign	Receiver (latitude)	Transmitter (direction from receiver)	Correction Sign
North North	Eastward Westward	+	South South	Eastward Westward	-

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3.2**  
**Πίνακας χαρακτηριστικών ραδιοφάρων**  
 (Από την έκδοση Admiralty List of Radio Signals Vol 2)

RADIOBEACONS AND RADIO DIRECTION-FINDING STATIONS

**GREECE**

RD	Axios, Nisia Kavoura Lt	40°30' 73N 22°44' 90E	1261
	AWAE 287.3 A1A A2A 0.2 kW	Clear: Nil	
		Fog: Cont	

Bearing Beam centred 340° towards beacon

Directional Signals:

East of beam: One weak dash and two strong dashes in succession, interrupted once every min for ident AW (weak) AE (strong).

On beam: Succession of equal strength dashes, interrupted once every min for ident AWAE of uniform strength.

West of beam: One strong dash and two weak dashes in succession, interrupted once every min for ident AW (strong) AE (weak).

Synchronized for distance finding with 2 air fog signals as follows:

1) Horn (at the Radiobeacon) Blast 5 sec. silent 2 sec. blast 2 sec. silent 51 sec. The 5 second blast of the horn begins simultaneously with the series of directional dashes. Every 6 dashes received before the 5 second blast is heard correspond to a distance of 1 n mile from the Radiobeacon

2) Horn (at Akra Megálio Emvolon Lt) 40°30' 17N 22°49' 07E Blast 2 sec. silent 58 sec

The blast of the horn begins simultaneously with the series of directional dashes. Every 6 dashes received before the horn blast is heard correspond to a distance of 1 n mile from Akra Megálio Emvolon Lt

Note: Should this horn become unsynchronized it will operate with a period of 45 s instead of 60 s until the synchronization is restored

RD	Thessaloniki <sup>1</sup>	40°36' 63N 22°57' 02E	1263
	TNTS 306 A1A A2A 0.2 kW	Clear: Nil	
		Fog: Cont	

Bearing: Beam centred 050° towards beacon

Directional Signals:

North of beam: One strong dash and two weak dashes in succession, interrupted once every min for ident TN (strong) TS (weak).

On beam: Succession of equal strength dashes interrupted once every min for ident TNTS of uniform strength.

South of beam: One weak dash and two strong dashes in succession, interrupted once every min for ident TN (weak) TS (strong).

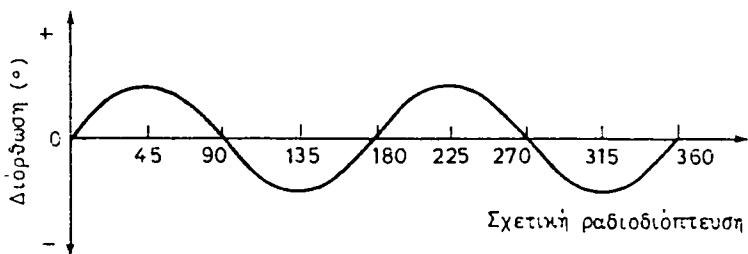
1) Located at Lt E4503

2) The bearing line must not be relied upon at a distance of more than 7.5 n miles from the beacon owing to signal distortion in the area of Akra Megálio Emvolon.

3) Synchronised and co-located with a horn at the Radiobeacon for distance finding. Blast 5.1 sec, silent 54.9 sec. The Blast of the horn begins simultaneously with the series of directional dashes. Every 6 dashes received before the horn blast is heard correspond to a distance of 1 n mile from the horn.

Aero RC	Limnos	39°55' 48N 25°14' 93E	1265
LIO	270 A2A 150 n miles	H24	

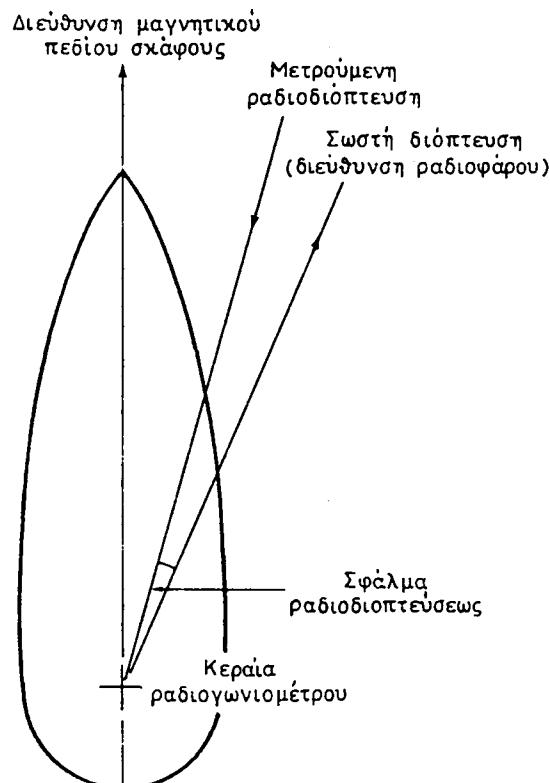
Aero RC	Alexandroupolis	40°51' 43N 25°56' 50E	1267
ALP	351 A2A 100 n miles	H24	



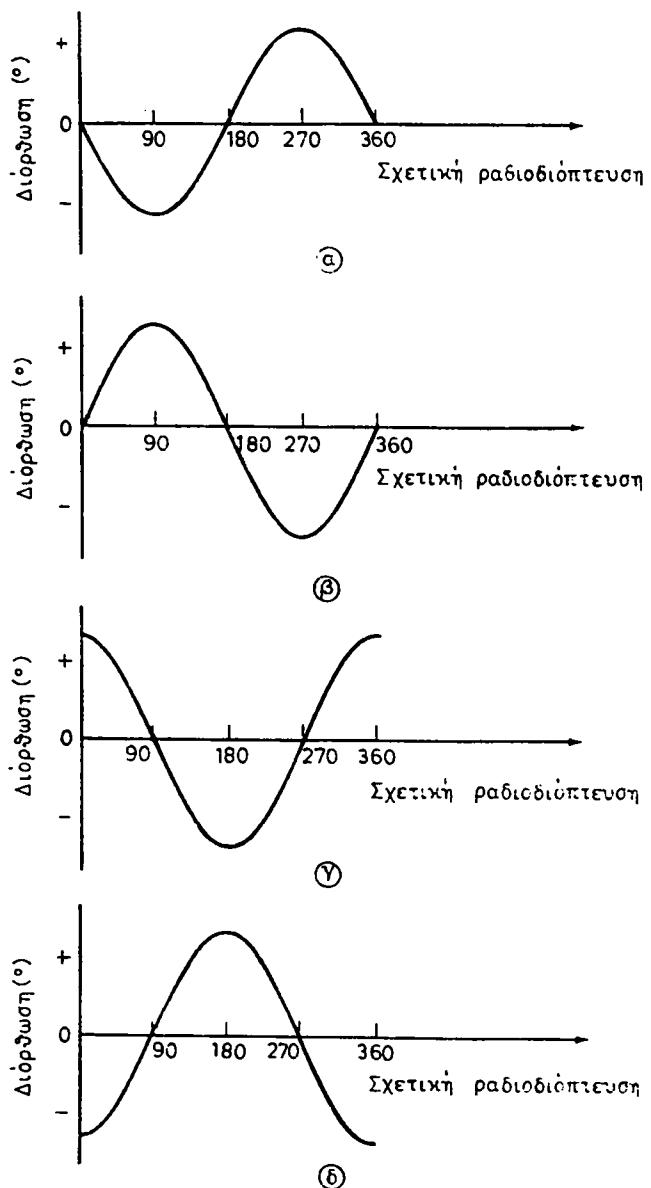
**Σχ. 2.3ε.**  
Καμπύλη διορθώσεως τεταρτοκυκλικού σφάλματος.

αποτέλεσμα τη μετατόπιση της σωστής ραδιοδιοπτεύσεως προς τη διεύθυνση του διαμήκους του πλοίου (σχ. 2.3στ.).

Το τεταρτοκυκλικό σφάλμα είναι δυνατό να διορθωθεί, αν στην κεραία του ραδιογωνιομέτρου συνδεθεί κύκλωμα σύνθετης αντιστάσεως, που θα αντισταθμίζει την ένταση του μαγνητικού πεδίου του σκάφους. Επίσης περιορίζεται με την τοποθέτηση της κεραίας του ραδιογωνιομέτρου σε θέση συμμετρική ως προς τις υπερκατασκευές.



**Σχ. 2.3στ.**  
Επίδραση του τεταρτοκυκλικού σφάλματος στις μετρούμενες ραδιοδιοπτεύσεις.



Σχ. 2.3ζ.

Καμπύλες διορθώσεως ημικυκλικού σφάλματος.

- Ο κατακόρυφος αγωγός θρίσκεται μεταξύ κεραίας ραδιογωνιομέτρου και πλώσης.
- Ο κατακόρυφος αγωγός θρίσκεται μεταξύ κεραίας ραδιογωνιομέτρου και πρύμνης.
- Ο κατακόρυφος αγωγός θρίσκεται αριστερά της κεραίας του ραδιογωνιομέτρου.
- Ο κατακόρυφος αγωγός θρίσκεται δεξιά της κεραίας του ραδιογωνιομέτρου.

### 8) Ημικυκλικό σφάλμα.

Το σφάλμα αυτό οφείλεται στην επανεκπομπή του λαμβανόμενου ραδιοκύματος από κάποιο κατακόρυφο αγωγό, που θρίσκεται στο σκάφος, όπως π.χ. ιστοί, τσιμινιέρες κλπ. Το ημικυκλικό σφάλμα λαμβάνει την ονομασία του από το γεγονός, ότι παρουσιάζει δυο μέγιστες τιμές σε ραδιοδιόπτευσεις που διαφέρουν μεταξύ τους κατά  $180^\circ$ .

Το ημικυκλικό σφάλμα είναι εντονότερο, όταν το ύψος  $h$  του κατακόρυφου αγωγού και το μήκος κύματος  $l$  του ραδιοκύματος έχουν τη σχέση

$$h = \frac{\lambda}{4}, \quad \frac{3\lambda}{4}, \quad \frac{5\lambda}{4}$$

Η καμπύλη διορθώσεως του ημικυκλικού σφάλματος, ανάλογα με τη σχετική θέση του κατακόρυφου αγωγού ως προς την κεραία του ραδιογωνιομέτρου, έχει μια από τις μορφές του σχήματος 2.3ζ.

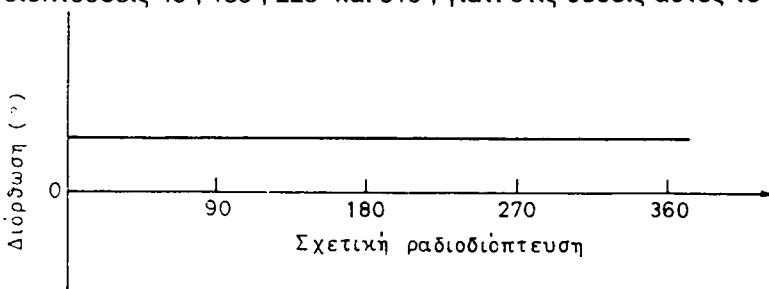
### γ) Συνολικό σφάλμα που οφείλεται στο πλοίο (σφάλμα αντισταθμίσεως) και θαθμονόμηση ραδιογωνιομέτρου (calibration).

Στην πράξη, το σφάλμα του ραδιογωνιομέτρου που οφείλεται στο πλοίο υπολογίζεται συνολικά και περιλαμβάνει όλα τα επί μέρους σφάλματα, όπως π.χ. τεταρτοκυκλικό, ημικυκλικό, σφάλμα ευθυγραμμίσεως κεραίας κλπ.

Το σφάλμα ευθυγραμμίσεως της κεραίας δημιουργείται, όταν η κεραία δεν είναι ευθυγραμμισμένη με το διάμηκες του πλοίου, οπότε η καμπύλη διορθώσεως του σφάλματος αυτού έχει τη μορφή του σχήματος 2.3η.

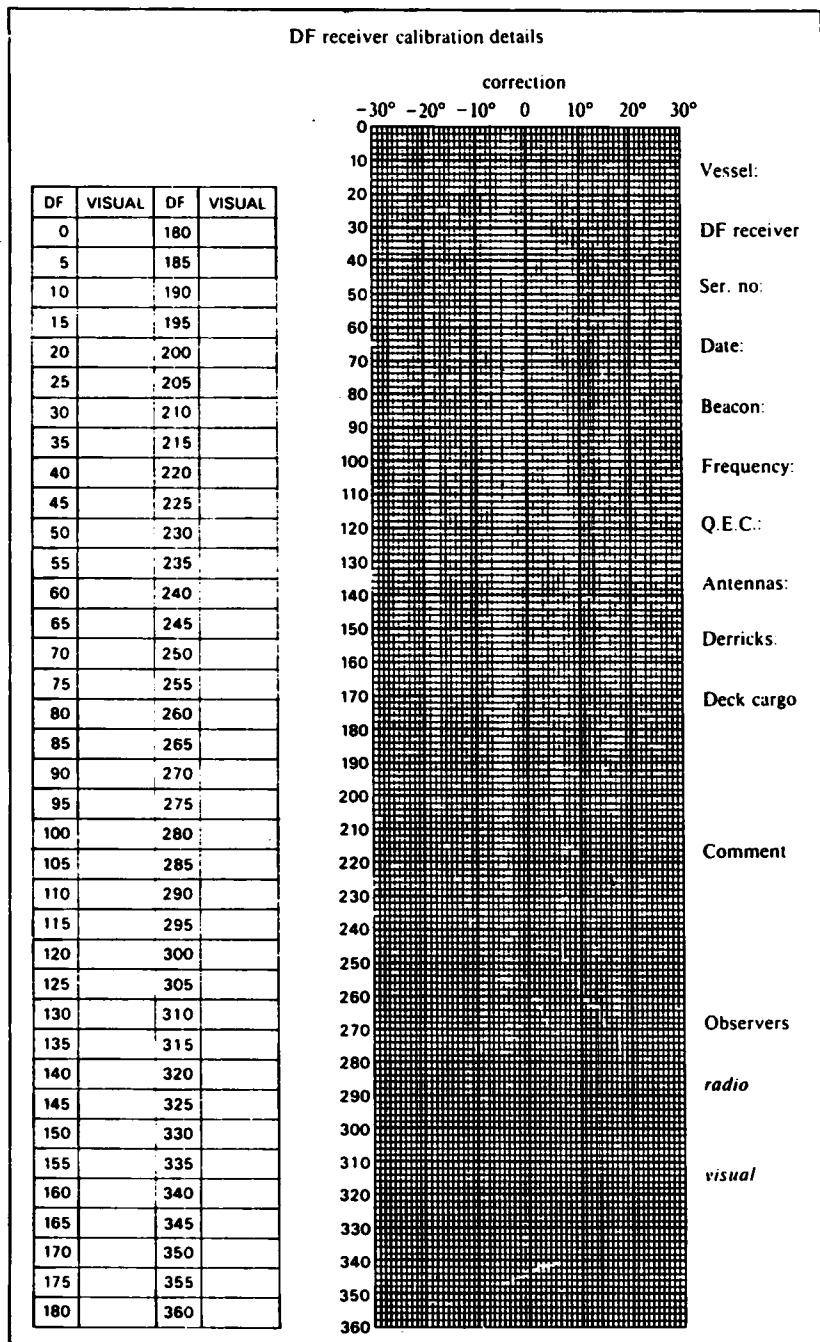
Για τον προσδιορισμό του συνολικού σφάλματος του ραδιογωνιομέτρου, που οφείλεται στην επίδραση του πλοίου, είναι απαραίτητο να γίνει θαθμονόμηση (Calibration) του οργάνου.

Η θαθμονόμηση του ραδιογωνιομέτρου στηρίζεται στην ταυτόχρονη λήψη ραδιοδιόπτευσεως και σχετικών διοπτεύσεων με το ταξίμετρο και κατασκευή πινακίδων και καμπύλης διορθώσεως. Για το σκοπό αυτό το πλοίο πλησιάζει ένα ραδιοφάρο σε απόσταση, κατά προτίμηση, 3-5 μιλών και πάντως όχι μικρότερη από μισό μίλι και εκτελεί κυκλικές διαδρομές κατά τη διάρκεια των οποίων λαμβάνει ταυτόχρονες ραδιοδιόπτευσεις και οπτικές διοπτεύσεις (σχετικές) του ραδιοφάρου, που καταχωρίζονται σε ένα έντυπο της μορφής του σχήματος 2.3θ. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στις μετρήσεις που αντιστοιχούν σε σχετικές διοπτεύσεις  $45^\circ, 135^\circ, 225^\circ$  και  $315^\circ$ , γιατί στις θέσεις αυτές το τεταρ-



Σχ. 2.3η.

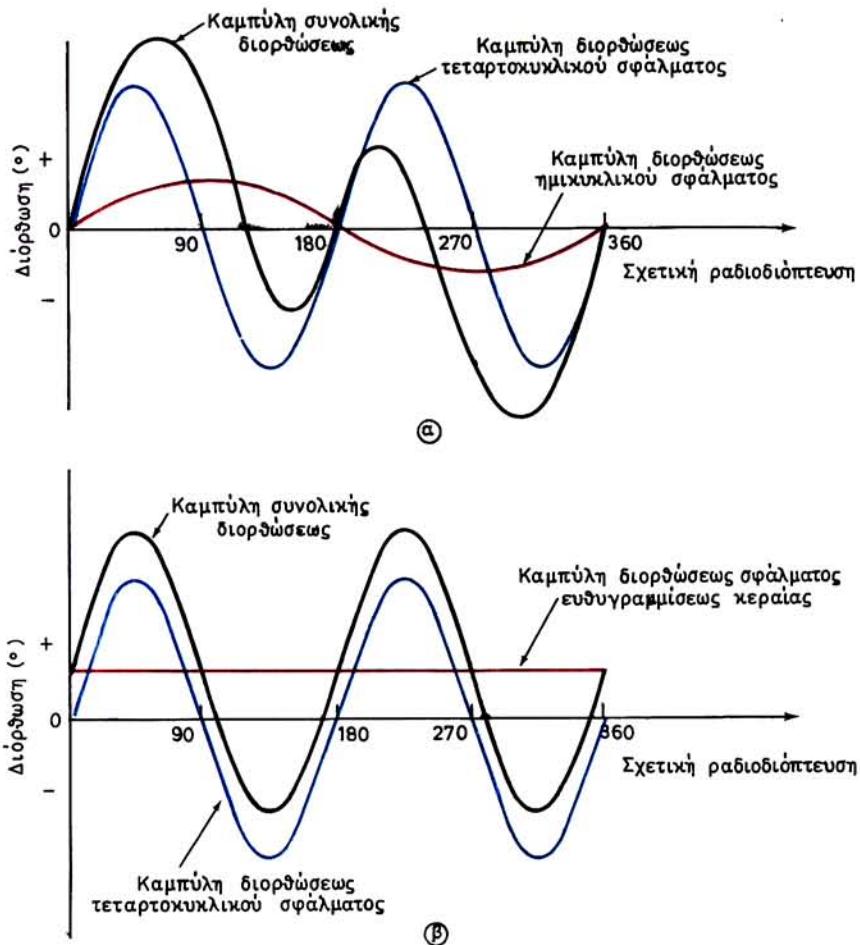
Καμπύλη διορθώσεως σφάλματος ευθυγραμμίσεως κεραίας.



**Σχ. 2.30.**  
Έντυπο στοιχείων βαθμονομήσεως ραδιογωνιομέτρου.

τοκυκλικό σφάλμα πρέπει να έχει τη μεγαλύτερη τιμή. Ειδικοί ραδιοφάροι που χρησιμοποιούνται για βαθμονόμηση ραδιογωνιομέτρων αναφέρονται στις εκδόσεις Admiralty List of Radio Signals Vol 2 του Βρετανικού Ναυαρχείου και Pub 117 των ΗΠΑ. Η βαθμονόμηση του ραδιογωνιομέτρου είναι δυνατό να γίνει και με τη βοήθεια φορητού πομπού, ο οποίος τοποθετείται σε μια άκατο που εκτελεί κυκλική διαδρομή γύρω από το αγκυροβολημένο πλοίο.

Η καμπύλη διορθώσεως του συνολικού σφάλματος του ραδιογωνιομέτρου, που προκύπτει από τη βαθμονόμηση, μπορεί να έχει μια από τις μορφές του σχήματος 2.3i. Στην περίπτωση αυτή το συνολικό σφάλμα θα πρέπει να αναλυ-



Σχ. 2.3i.

Καμπύλες συνολικής διορθώσεως που προκύπτουν από συνδυασμό σφαλμάτων.

- Καμπύλη διορθώσεως που προκύπτει από το συνδυασμό τεταρτοκυκλικού και ημικυκλικού σφάλματος.
- Καμπύλη διορθώσεως που προκύπτει από το συνδυασμό τεταρτοκυκλικού σφάλματος και σφάλματος ευθυγραμμίσεως κεραίας.

θεί στα επί μέρους σφάλματα, προκειμένου κάθε ένα από αυτά να αντιμετωπισθεί ξεχωριστά. Η αντιμετώπιση αυτή μπορεί να γίνει με:

a) Εγκατάσταση κυκλώματος αντισταθμίσεως του τεταρτοκυκλικού σφάλματος (σχ. 2.3ια).

β) Μετατόπιση της κεραίας του ραδιογωνιομέτρου σε άλλη θέση (σχ. 2.3ιβ).

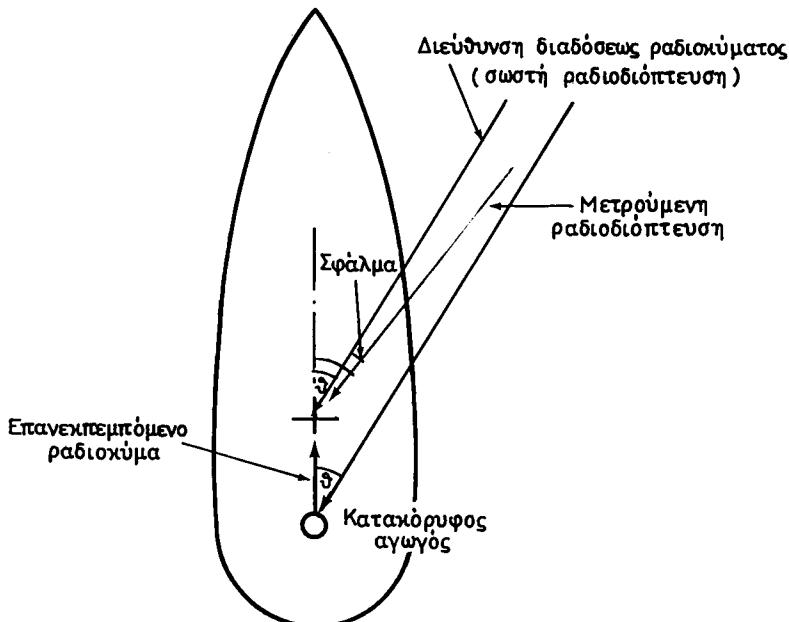
Μια ακριβής βαθμονόμηση συνοδευόμενη με τα κατάλληλα μέτρα περιορισμού των σφαλμάτων (εγκατάσταση κυκλώματος αντισταθμίσεως τεταρτοκυκλικού σφάλματος, μετατόπιση ή ευθυγράμμιση κεραίας κλπ.) εξασφαλίζει την αξιόπιστη χρησιμοποίηση του οργάνου για μεγάλο χρονικό διάστημα, αρκεί να μην έχει πραγματοποιηθεί αλλαγή στο σκάφος ή στο φορτίο του.

Η βαθμονόμηση πρέπει να γίνεται οπωσδήποτε μετά την αρχική εγκατάσταση του ραδιογωνιομέτρου, όταν γίνουν μετασκευές, προσθήκες ή αφαιρέσεις γερανών, επωτίδων, ιστών, βαρούλκων.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα φορτηγά πλοία, γιατί, όταν αυτά έχουν διαφορετικό βύθισμα και φορτίο, κυρίως δε μεταλλικά κιβώτια (containers), το σφάλμα αντισταθμίσεως μεταβάλλεται σημαντικά και για το λόγο αυτό, είναι σκόπιμο να υπάρχουν τουλάχιστον οι δυο καμπύλες διορθώσεις που αντιστοιχούν σε πλήρες φορτίο και σε άφορτη κατάσταση.

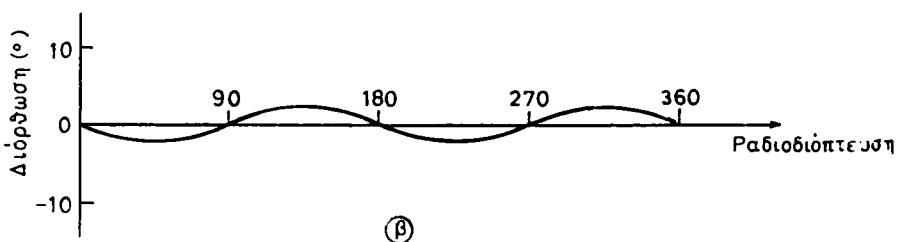
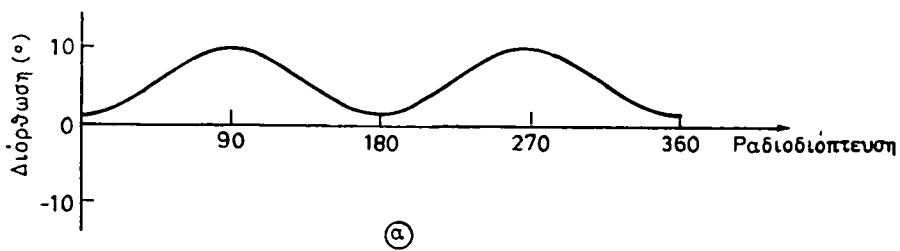
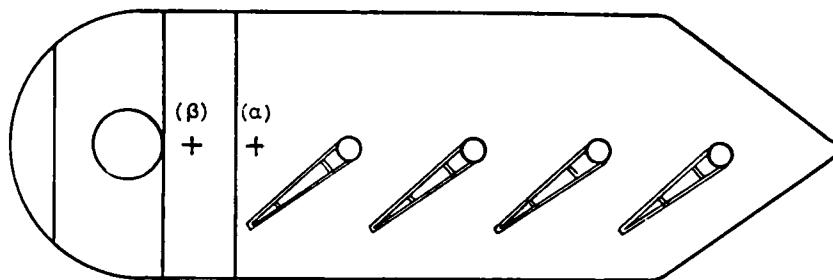
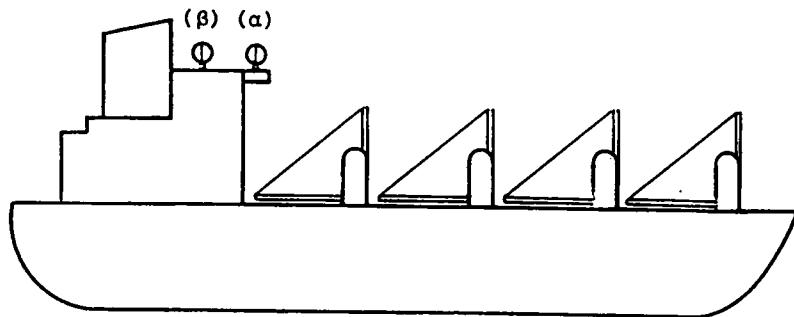
#### 2.4 Ραδιοφάροι, ραδιογωνιομετρικοί σταθμοί ξηράς, σταθμοί μετρήσεως αποστάσεως και σχετικές εκδόσεις.

Για την υποστήριξη της θαλάσσιας ναυσιπλοΐας έχει δημιουργηθεί ένα δί-



Σχ. 2.3ια.

Εξάλοιψη τεταρτοκυκλικού σφάλματος με την εγκατάσταση κυκλώματος αντισταθμίσεως.



Σχ. 2.316.

Περιορισμός τεταρτοκυκλικού σφάλματος με τη μετατόπιση της κεραίας σε άλλη θέση.  
Ο περιορισμός του σφάλματος έγινε με τη μετατόπιση της κεραίας από τη θέση (a) στη θέση (β)

κτυο ραδιοφάρων και παρακτίων σταθμών, οι οποίοι παρέχουν πολλές και ποικίλες δυνατότητες στο ναυτιλλόμενο για τον καθορισμό του στίγματός του. Τα βασηθήματα αυτά περιλαμβάνονται σε διάφορες εκδόσεις όπως π.χ.:

α) Η έκδοση του Βρετανικού Ναυαρχείου «Admiralty List of Radio Signals Vol 2», απόσπασμα της οποίας φαίνεται στον πίνακα 2.3.2.

β) Η έκδοση των ΗΠΑ, Pub 117 «Radio Navigational Aids» (πίνακας 2.3.1).

γ) Ο Ελληνικός Φαροδείκτης (μόνο για την περιοχή της Ελλάδας).

Οι βασικές κατηγορίες των ραδιοφάρων και λοιπών σταθμών που περιέχονται στις παραπάνω εκδόσεις είναι οι εξής:

1) Ραδιοφάροι κυκλικής εκπομπής (Circular Radiobeacons).

2) Ραδιοφάροι κατευθύνσεως (Directional Radiobeacons).

3) Ραδιοφάροι περιστρεφόμενου τομέα εκπομπής.

4) Σταθμοί προσδιορισμού αποστάσεως

5) Ραδιογωνιομετρικοί σταθμοί ξηράς (Radio Direction Finding Stations).

Στον πίνακα 2.4.1 περιέχονται οι κυριότερες εκδόσεις που αναφέρονται στους ραδιοφάρους και τα λοιπά ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα, ενώ στον πίνακα 2.4.2 περιλαμβάνονται όλες οι συντμήσεις που χρησιμοποιούνται στις σχετικές με τους ραδιοφάρους εκδόσεις.

#### **2.4.1 Ραδιοφάροι κυκλικής εκπομπής (Circular Radiobeacons).**

Οι ραδιοφάροι της κατηγορίας αυτής εκπέμπουν ένα μορσικό σήμα από βραχείες και μακρές, το οποίο διαδίδεται προς όλες τις κατευθύνσεις, έτσι, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τα ραδιογωνιόμετρα των πλοίων για τον προσδιορισμό της ραδιοδιοπτεύσεως του ραδιοφάρου.

Για διευκόλυνση του ναυτιλλόμενου, οι ραδιοφάροι, ανάλογα με την περιοχή στην οποία ανήκουν, ταξινομούνται σε ομάδες που συνήθως αποτελούνται από 6 ραδιοφάρους. Με τον τρόπο αυτό, οι ραδιοφάροι κάθε ομάδας εκπέμπουν στην ίδια συχνότητα, αλλά με δεδομένη σειρά εκπομπής, έτσι, ώστε κάθε χρονική στιγμή να εκπέμπει μόνο ένας ραδιοφάρος της ομάδας.

Όλες οι απαραίτητες για τη χρησιμοποίηση των ραδιοφάρων κυκλικής εκπομπής πληροφορίες περιέχονται στην έκδοση ALRS Vol 2. Οι πληροφορίες αυτές περιλαμβάνουν:

- Το όνομα του ραδιοφάρου.
- Τι; συχνότητα εκπομπής.
- Το χαρακτηριστικό εκπομπής του ραδιοφάρου.
- Την εμβέλεια του ραδιοφάρου.
- Το αν ο ραδιοφάρος ανήκει στην ομάδα αυτή.

Οι ραδιοφάροι κυκλικής εκπομπής απεικονίζονται στους χάρτες με το σύμβολο RC. Το ίδιο σύμβολο χρησιμοποιείται και στην έκδοση ALRS Vol 2 για να προσδιορίσει ότι ο ραδιοφάρος είναι κυκλικής εκπομπής.

#### **2.4.2 Ραδιοφάροι κατευθύνσεως (Directional Radiobeacons).**

Οι ραδιοφάροι κατευθύνσεως έχουν συστήματα κεραίων ειδικής κατασκευής, σε τρόπο, ώστε τα ραδιοκύματα που εκπέμπονται από αυτές να παρέχουν

#### ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4.1

#### **Κυριότερες εκδόσεις σχετικές με ραδιοφάρους και λοιπά ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα**

**1) ADMIRALTY LIST OF RADIO SIGNAL (ALRS):** Έκδοση του Βρετανικού Ναυαρχείου η οποία περιλαμβάνει πέντε τόμους και συμπληρωματικά διαγράμματα που επανεκδίδονται ετησίως, εκτός του τόμου 4 ο οποίος επανεκδίδεται κάθε τρία χρόνια. Οι τόμοι αυτοί είναι οι εξής:

**VOLUME 1: COAST RADIO STATIONS,** εκδίδεται σε δύο τεύχη Part 1 για Ευρώπη, Αφρική και Ασία, (εκτός από Φιλιππίνες και Ινδονησία) και Part 2 για Φιλιππίνες, Ινδονησία, Αυστραλία, Βόρεια και Νότια Αμερική, Γροιλανδία και Ισλανδία.

**VOLUME 2: RADIO NAVIGATIONAL AIDS, ELECTRONIC POSITIONING FINDING SYSTEMS AND RADIO TIMES SIGNALS.** Στον τόμο αυτό περιέχονται και οι σχετικές με τους Ραδιοφάρους πληροφορίες.

**VOLUME 3: RADIO WEATHER SERVICES AND NAVIGATIONAL WARNINGS.**

**VOLUME 4: METEOROLOGICAL OBSERVATION STATIONS.**

Ο πέμπτος τόμος (VOLUME 5) έχει καταργηθεί από το 1991 και τα περιεχόμενά του (Radio Time Signals, Radio Navigational Warnings and Postion Fixing Systems) καλύπτονται πλέον από τον τόμο 2 (Radio Navigational Aids, Electronic Positioning Finding Systems and Radio Time Signals) και τον τόμο 3 (Radio Weather Services and Navigational Warnings).

**VOLUME 6: VESSEL TRAFFIC SERVICES PORT OPERATIONS AND PILOT STATIONS.** Έκδίδεται σε δύο τεύχη: Part 1 για τις ακτές της Ευρώπης και τη Μεσόγειο Θάλασσα και Part 2 για την Αφρική, Ασία (εκτός της Μεσογείου), Αυστραλία, Αμερική, Γροιλανδία και Ισλανδία.

**2) RADIO NAVIGATIONAL AIDS (PUB 117):** Επήσια έκδοση της χαρτογραφικής υπηρεσίας του Υπουργείου Άμυνας (DMA) των ΗΠΑ. Περιέχει πληροφορίες αντίστοιχες με την έκδοση του Βρετανικού Ναυαρχείου: «Admiralty List of Radio Signals». Η έκδοση «Pub 117» αποτελείται από ένα τόμο αντί των περισσοτέρων της αντίστοιχης Βρετανικής.

**3) OUVRAGES DE RADIO SIGNAUX:** Έκδοση της Υδρογραφικής και Ωκεανογραφικής Υπηρεσίας του Γαλλικού Ναυτικού, η οποία περιέχει πληροφορίες αντίστοιχες μ' αυτές της Βρετανικής Εκδόσεως. Η Γαλλική έκδοση δεν επανεκδίδει κάθε χρόνο αλλά ενημερώνεται με διορθώσεις που κυκλοφορούν όταν απαιτείται. Οι εκδόσεις αυτές κυκλοφορούν σε διάφορους τόμους ως εξής:

- Ouvrage No 91: Ραδιοναυτιλία.
- Ouvrage No 92: Ναυτικές Ραδιοεπικοινωνίες.
- Ouvrage No 93: Ραδιοεπικοινωνίες Πλοηγήσεως.
- Ouvrage No 95 και 96: Μετεωρολογικές πληροφορίες, τόμος 1 και 2.
- Ouvrage No 99: Ραδιοσήματα μικρών σκαφών αναψυχής και αλιευτικών.

**4) ΡΑΔΙΟΝΑΥΤΙΛΙΑΚΑ ΒΟΗΘΗΜΑΤΑ ΕΛΛΑΔΙΚΟΥ ΧΩΡΟΥ:** Οι σχετικές με τα ραδιοναυτιλιακά βοηθήματα του ελλαδικού χώρου πληροφορίες περιέχονται, εκτός από τις παραπάνω εκδόσεις και στις «Μόνιμες Αγγελίες για τους Ναυτιλομένους» που εκδίδονται την 1η Ιανουαρίου κάθε χρόνο από την Υδρογραφική Υπηρεσία του Πολεμικού Ναυτικού.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4.2**

**Συντμήσεις που χρησιμοποιούνται στις σχετικές με τα ραδιοναυτιλιακά θοηθήματα εκδόσεις**

(Από την έκδοση Admiralty List of Radio Signals)

(Περισσότερες λεπτομέρειες αναφέρονται σε ειδικό παράρτημα στο τέλος του 6ιθλίου)

ALRS	Admiralty List of Radio Signals	FFX	Frequency modulation of main carrier other than F1B, F3E and frequency modulation facsimile
AM	Amplitude modulation		
Anal	Analysis	F1B	Telegraphy using frequency modulation: Narrow band direct printing (Telex)
approx	Approximate	F3E	Telephony using Frequency modulation
Aug	August	GMT	Greenwich Mean Time
A1A	Continuous wave telegraphy, Morse code	GRT	Gross registered tonnage
A2A	Telegraphy by the on-off Keying of a tone modulated carrier, Morse code: double sideband	G3E	Telephony using phase modulation
A3E	Telephony using amplitude modulation: double sideband	h	Hours
A9W	Composite emission: double sideband e.g.a combination of telegraphy and telephony	Hd	Head
Bcst	Broadcast	HF	High Frequency
Bn	Beacon	HJ	Day service only
brg	bearing	HN	Night service only
*C	Degrees Celsius	Hr	Harbour
Calib	Calibration	HrMr	Harbour Master
CBM	Conventional Buoy Mooring	HW	High Water
CG	Coastguard	HX	No specific hours or fixed intermittent hours
Ch	Channel	Hz	Hertz
Cont	Continuous	H+...	Commencing at... minutes past the hour
CRS	Coast Radio Station	H2A	Telegraphy by the on-off keying of a tone modulated carrier, Morse code: single sideband, full carrier
Dec	December	H2B	Selective calling signal using a single frequency code, single sideband, full carrier
DF	Direction-finding	H3E	Telephony using amplitude modulation: single sideband, full carrier
DSB	Double sideband	H8(16)	Hours equivalent to those of a Ship Station of the 3rd (2nd) category
DST	Daylight Saving Time	H24	Continuous
DUT 1	UT 1-UTC	I	Island
DWT	Deadweight Tonnage	Ident	Identification Signal
ETA	Estimated time of arrival	IERS	International Earth Rotation Service
ETD	Estimated time of departure	IHO	International Hydrographic Or-
ext	Extension		
*F	Degrees Fahrenheit		
Fax	Facsimile		
Fcst	Forecast		
Feb	February		
FEC	Forward Error Correction		
FM	Frequency modulation		
Fri	Friday		
Fx	Frequency		

IMO	ganisation International Maritime Organisa- tion	RC	Non-directional Radiobeacon
		RD	Directional Radiobeacon
		Repd	Reported
INMARSAT	International Maritime Satellite Organisation	RG	Radio Direction - finding station
Inop	Inoperative	RT	Radio telephony
Int	International	RW	Rotating pattern radiobeacon
ITOFAR	Interrogated Time Offset Fre- quency Agile Racons	Rx	Receiver
ITU	International Telecommunication Union	R3E	Telephony using amplitude modu- lation: single sideband, reduced carrier
Jan	January	s	Second(s)
J3E	Telephony using amplitude modu- lation: single sideband, sup- pressed carrier	SAR	Search and Rescue
kHz	Kilohertz	Sat	Saturday
km	Kilometre(s)	SBM	Single Buoy Mooring
kW	Kilowatts(s)	SDR	Special Drawing Right
Lanby	Large Navigational Buoy	Sept	September
Ldg	Leading	Seq	Sequence
LF	Low Frequency	Sig	Signal
LNG	Liquefied Natural Gas	SPM	Single Point Mooring
LOA	Length Over All	SSB	Single sideband
LPG	Liquefied Petroleum Gas	SSFC	Sequential Single-Frequency Co- de System
LT	Local Time	Stn	Station
Lt	Light	Sun	Sunday
LtF	Light Float	Tel	Telephone
LtHo	Lighthouse	temp inop	Temporarily inoperative
Lt V	Light Vessel	Thurs	Thursday
LW	Low Water	Tr	Tower
m	Metre(s); Minute(s) (in Time Sig- nals entries only)	TSS	Traffic Separation Scheme
MF	Medium Frequency	Tues	Tuesday
MHz	Megahertz	Tx	Transmitter; Transmission
min	Minute(s)	ufn	Until further notice
Mon	Monday	UT	Universal Time
ms	Millisecond(s)	UTO	Uncorrected Universal Time
μs	Microsecond(s)	UT1	UTO corrected for polar variation
NM	Notice to Mariners	UT2	UTO corrected for polar and sea- sonal variation
n mile	International nautical mile	UTC	Coordinated Universal Time
Nov	November	VHF	Very High Frequency
NRT	Net registered tonnage	VLCC	Very Large Crude Carrier
NON	Unmodulated continuous wave e- mission	VLF	Very Low Frequency
Occas	Occasional	VTM	Vessel Traffic Management
Oct	October	VTS	Vessel Traffic Service
PA	Position approximate	Wed	Wednesday
Prog	Prognosis	wef	With effect from
Pt	Point	WMO	World Meteorological Organisa- tion
PV	Pilot Vessel	WT	Radio telegraphy
R	Coast Station providing QTG service	Wx	Weather

στο ναυτιλλόμενο ένδειξη, για το αν θρίσκεται σε μια προκαθορισμένη γραμμή πλεύσεως ή αν έχει απομακρυνθεί από αυτήν και προς ποια κατεύθυνση. Απεικονίζονται στους χάρτες με το σύμβολο RD.

Για τη λήψη των παραπάνω πληροφοριών δεν απαιτείται η χρησιμοποίηση ραδιογωνιομέτρου, αλλά μόνο ενός απλού δέκτη, γιατί οι πληροφορίες δίνονται με τον εξής απλό τρόπο. Όταν το σκάφος θρίσκεται επάνω στη συγκεκριμένη γραμμή πλεύσεως, η ένταση όλων των γραμμάτων (μακρών και βραχειών) του χαρακτηριστικού του ραδιοφάρου είναι ίδια. Αν το σκάφος θρεθεί αριστερά της συγκεκριμένης γραμμής πλεύσεως, ένα τμήμα του χαρακτηριστικού του ραδιοφάρου ακούγεται εντονότερα και ένα άλλο ασθενέστερα. Το αντίστροφο ισχύει, όταν το πλοίο θρεθεί δεξιά της προκαθορισμένης γραμμής θέσεως.

Η λειτουργία αυτή φαίνεται αναλυτικά στο σχήμα 2.4., το οποίο απεικονίζει τον τρόπο λειτουργίας του ραδιοφάρου κατευθύνσεως του λιμανιού της Θεσσαλονίκης.

#### **2.4.3 Ραδιοφάροι περιστρεφόμενου τομέα εκπομπής.**

Οι ραδιοφάροι αυτοί είναι εγκατεστημένοι μόνο στην Ιαπωνία και δίνουν τη δυνατότητα προσδιορισμού της αληθούς διοπτεύσεώς τους με τη χρησιμοποίηση ενός απλού δέκτη.

Ο προσδιορισμός της διοπτεύσεως του ραδιοφάρου γίνεται ως εξής:

- Ο ραδιοφάρος σε κάθε κύκλο εκπομπής του εκπέμπει δυο φορές το γράμμα Α (.-) και στη συνέχεια εκπέμπει συνεχώς βραχείες. Σε κάθε δέκατη βραχεία αλλάζει ο τόνος, προκειμένου να διευκολυνθεί ο ναυτιλλόμενος στη μέτρησή τους.
- Ο ναυτιλλόμενος μετρά τις βραχείες που ακολουθούν το σήμα εκκινήσεως (Α Α), μέχρις ότου σταματήσει να ακούει τις βραχείες (μηδενικό σήμα).
- Πολλαπλασιάζοντας τον αριθμό των βραχειών που μέτρησε επί 2, προσδιορίζει την αληθή διόπτευση του ραδιοφάρου.

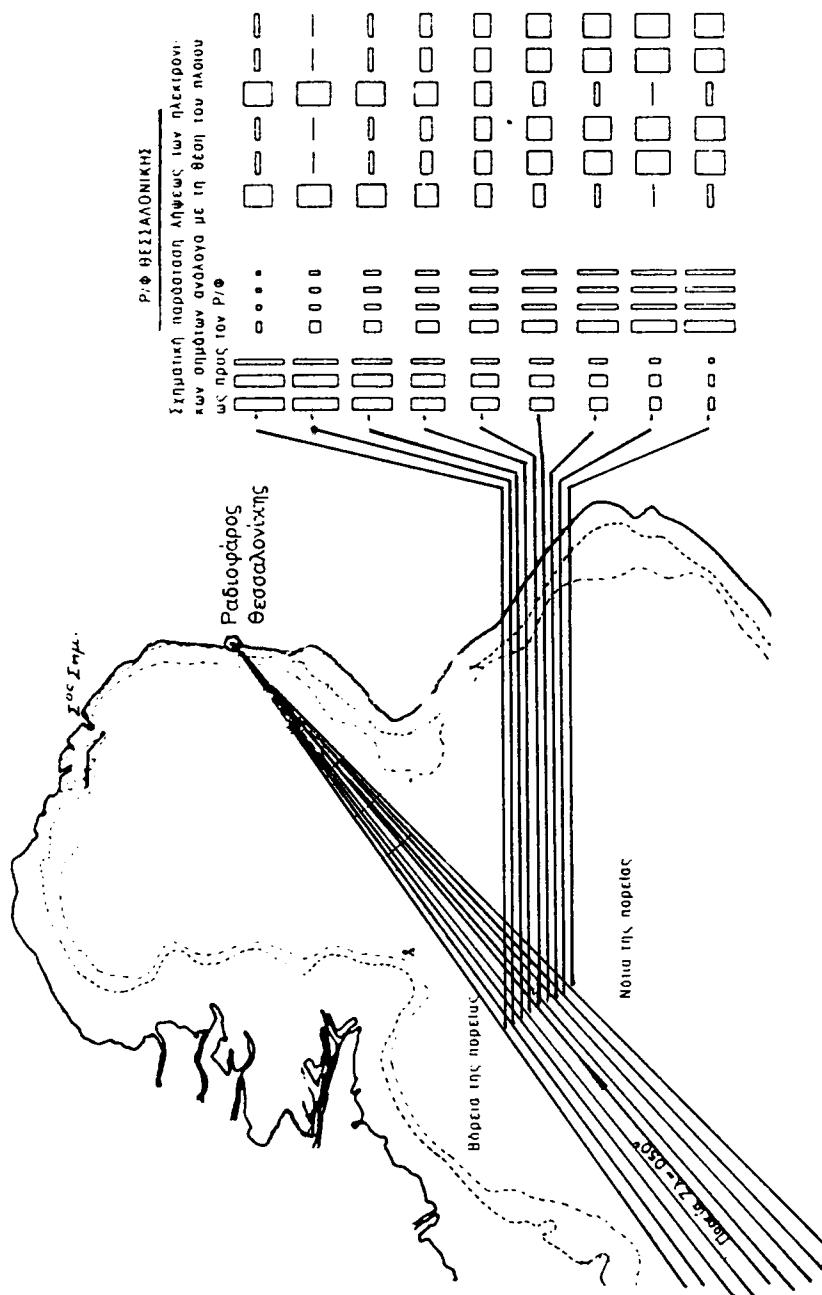
Η εκπομπή των ραδιοφάρων περιστρεφόμενου τομέα εκπομπής αρχίζει από τη διεύθυνση του βορρά και ακολουθεί ένα τόξο 200°. Η εκπομπή κάθε βραχείας γίνεται ανά 2° και έτσι στη διάρκεια μιας περιόδου εκπομπής εκπέμπονται 100 βραχείες στον τομέα 000° έως 200°.

#### **2.4.4 Σταθμοί προσδιορισμού αποστάσεως.**

Σε ορισμένες περιπτώσεις, προκειμένου να συνδυασθεί η γραμμή θέσεως που προκύπτει από μια ραδιοδιόπτευση, ορισμένοι παράκτιοι σταθμοί ταυτόχρονα με την εκπομπή του σήματος ραδιοκύματος του ραδιοφάρου εκπέμπουν και ένα ηχητικό σήμα με τη θοήθεια του οποίου προσδιορίζεται η απόσταση του πλοίου από τον ηχητικό σηματοδότη.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως μόνο σε περιπτώσεις χαμηλής ορατότητας για κοντινές αποστάσεις από τον ηχητικό σηματοδότη, η θέση του οποίου δεν είναι απαραίτητο να ταυτίζεται με τη θέση του ραδιοφάρου.

Ο προσδιορισμός της αποστάσεως του πλοίου από τη θέση του ηχητικού σηματοδότη συνήθως γίνεται ως εξής:



Ταυτόχρονα με την εκπομπή του ραδιοφάρου εκπέμπει και ο ηχητικός σηματοδότης. Λόγω της τεράστιας ταχύτητας διαδόσεως των ραδιοκυμάτων, και για τη μικρή απόσταση του πλοίου, το σήμα του ραδιοφάρου ακούγεται στον κοινό δέκτη του πλοίου ταυτόχρονα με την εκπομπή του, ενώ το ηχητικό σήμα μετά από πάροδο ορισμένου χρόνου.

Αν με τη βοήθεια ενός χρονομέτρου μετρήσουμε το χρόνο, που μεσολαβεί από τη στιγμή της ακροάσεως του ραδιοκύματος (στο ραδιοφωνικό δέκτη) μέχρη τη στιγμή της ακροάσεως του ηχητικού σήματος (που διαδίδεται στην ατμόσφαιρα) και πολλαπλασιάσουμε το χρόνο αυτό επί την ταχύτητα διαδόσεως του ήχου, προσδιορίζομε την απόσταση του πλοίου από το σταθμό.

Για τον προσδιορισμό της αποστάσεως σε ναυτικά μίλια, αρκεί να πολλαπλασιάσουμε το χρόνο που μεσολάβησε (σε δευτερόλεπτα) επί το συντελεστή 0,18.

Ορισμένοι σταθμοί αντί για ηχητικό σήμα (το οποίο διαδίδεται στην ατμόσφαιρα), εκπέμπουν υπερηχητικό σήμα, που διαδίδεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και λαμβάνεται μέσω ενός υδροφάνου. Στην περίπτωση αυτή, για τον προσδιορισμό της αποστάσεως σε ναυτικά μίλια, πολλαπλασιάζομε το χρόνο (σε δευτερόλεπτα) επί το συντελεστή 0,8.

Παράδειγμα ταυτόχρονης εκπομπής ηχητικού σηματοδότη και ραδιοφάρου, για τον προσδιορισμό της αποστάσεως του πλοίου, αποτελεί το δίκτυο ραδιοφάρων κατευθύνσεως και ηχητικών σηματοδοτών του Θερμαϊκού κόλπου, που ενεργοποιείται σε περιπτώσεις χαμηλής ορατότητας για την εξασφάλιση ασφαλούς είσπλου και έκπλου προς και από το λιμάνι της Θεσσαλονίκης.

Λεπτομερείς οδηγίες χρησιμοποιήσεως των προαναφερθέντων ραδιοναυτιλιακών βοηθημάτων -ου Θερμαϊκού κόλπου, περιέχονται στο Φαροδείκητη Ελληνικών Ακτών, στην υπ' αριθμ. 10 Μόνιμη Αγγελία κάθε χρόνου της Ελληνικής Υδρογραφικής Υπηρεσίας και στον Γ' Τόμο των Ναυτιλιακών Οδηγιών (Πλοηγού) των Ελληνικών Ακτών της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του ΠΝ, ενώ σύντομη περιγραφή τους γίνεται και στην έκδοση του Βρετανικού Ναυαρχείου Admiralty List of Radio Signals Vol 2 (πίνακας 2.3.2).

#### **2.4.5 Ραδιογωνιομετρικοί σταθμοί ξηράς (Radio Direction Finding Stations).**

Οι ραδιογωνιομετρικοί σταθμοί ξηράς διαθέτουν ειδικά ραδιογωνιόμετρα με τη βοήθεια των οποίων προδιορίζουν τη ραδιοδιόπτευση ενός πλοίου, το οποίο εκτελεί κάποια εκπομπή.

Οι σταθμοί αυτοί συνήθως λειτουργούν σε ομάδες και παρέχουν τη δυνατότητα ταυτόχρονης ραδιογωνιομετρίσεως της εκπομπής ενός πλοίου από δύο ή τρεις σταθμούς, προκειμένου να προσδιορισθεί το στίγμα του πλοίου. Η διαδικασία αυτή γίνεται, όταν ζητηθεί από κάποιο πλοίο.

Οι ραδιογωνιομετρικοί σταθμοί ξηράς απεικονίζονται στους χάρτες με το σύμβολο RG. Με το ίδιο σύμβολο απεικονίζονται και στην έκδοση Admiralty List of Radio Signals Vol 2, στην οποία για κάθε έναν από αυτούς αναγράφεται ο τρόπος λειτουργίας του, η ομάδα στην οποία ανήκει, οι συχνότητες λειτουργίας κλπ. Για κάθε ένα ραδιογωνιομετρικό σταθμό ξηράς δίνονται τρεις συχνότητες λειτουργίας ως εξής:

- A: Συχνότητα στην οποία γίνεται η ακρόαση του σταθμού.
- B: Συχνότητα στην οποία γίνεται η εκπομπή του σήματος που θα ραδιογωνιομετρηθεί.
- C: Συχνότητα στην οποία γίνεται η μετάδοση των αποτελεσμάτων του σταθμού προς το πλοίο.

#### **2.4.6 Παράκτιοι σταθμοί με λειτουργία QTG.**

Ο παράκτιοι σταθμοί ραδιοτηλεγραφίας μεσαίων συχνοτήτων (MF) έχουν τη δυνατότητα, όταν τους ζητηθεί από κάποιο πλοίο, να κάνουν εκπομπή ενός χαρακτηριστικού σήματος, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για ραδιογωνιομέτρηση της θέσεως του σταθμού από το πλοίο. Το αίτημα του πλοίου είναι ένα σήμα που περιέχει τα χαρακτηριστικά QTG. Οι παράκτιοι σταθμοί εκπέμπουν συνήθως στη συχνότητα 410 kHz.

Περισσότερες πληροφορίες για τη λειτουργία αυτή των παρακτίων σταθμών ραδιοτηλεγραφίας περιέχονται στην έκδοση Admiralty List of Radio Signals Vol 1.

---

## ΤΙΤΛΟΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

#### Εισαγωγή στη φαδιοναυτιλία και την ηλεκτρονική ναυτιλία

0.1	Ηλεκτρονική ναυτιλία και φαδιοναυτιλία .....	1
0.2	Κατηγορίες συστημάτων προσδιορισμού σπέγματος .....	2
0.3	Αρχές λειτουργίας ηλεκτρονικών συστημάτων προσδιορισμού σπέγματος .....	4
0.4	Γενικά χαρακτηριστικά συγχρόνων δεκτών συστημάτων προσδιορισμού σπέγματος .....	5
0.5	Αναμενόμενες αλλαγές στα συστήματα προσδιορισμού σπέγματος .....	5
0.6	Συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη .....	6

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

#### Συστήματα συντεταγμένων ηλεκτρονικής ναυτιλίας

1.1	Γενική περιγραφή τοιν τρόπον διαδόσεως των ηλεκτροδιομαγνητικών κυμάτων .....	7
1.1.1	Γενικά χαρακτηριστικά των ηλεκτροδιομαγνητικών κυμάτων .....	7
1.1.2	Βασικές αρχές και τρόποι διαδόσεως των ηλεκτροδιομαγνητικών κυμάτων στην απόσφασμα .....	11
1.2	Ανάλλαση, διάθλαση και περίθλαση των ηλεκτροδιομαγνητικών κυμάτων .....	13
1.3	Ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτροδιομαγνητικών κυμάτων .....	16
1.4	Εξασθένιση των ηλεκτροδιομαγνητικών κυμάτων .....	16
1.5	Διάδοση των ηλεκτροδιομαγνητικών κυμάτων στην ιονόσφαιρα .....	18
1.6	Διάδοση των φαδιοκυμάτων ανάλογα με τη συχνότητα .....	22
1.6.1	Πολύ χαμηλές συχνότητες (VLF: 10 kHz - 30 kHz) .....	22
1.6.2	Χαμηλές συχνότητες (LF: 30 - 300 kHz) .....	23
1.6.3	Μεσαίες συχνότητες (MF: 300 kHz - 3 MHz) .....	23
1.6.4	Υψηλές συχνότητες (HF: 3 MHz - 30 MHz) .....	24
1.6.5	Πολύ υψηλές συχνότητες (VHF: 30 MHz - 300 MHz) .....	24
1.6.6	Υπερυψηλές συχνότητες (UHF: 300 MHz - 3 GHz) και εξαιρετικά υψηλές συχνότητες (SHF: 3 GHz - 30 GHz) .....	24

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

### Συστήματα συντεταγμένων ηλεκτρονικής ναυτιλίας

2.1	Συστήματα συντεταγμένων που χρησιμοποιούνται στην κλασική και ηλεκτρονική ναυτιλία .....	26
2.2	Γεωδαιτικές συντεταγμένες (φ, λ, Η) .....	28
	2.2.1 Ορισμός γεωδαιτικών συντεταγμένων (φ, λ, Η) .....	28
	2.2.2 Καθορισμός ενός συστήματος γεωδαιτικών συντεταγμένων (φ, λ, Η) .....	31
	2.2.3 Τα χριώτερα συστήματα γεωδαιτικών συντεταγμένων .....	32
	2.2.4 Καρτεσιανές γεωδαιτικές συντεταγμένες (X, Y, Z) .....	34
2.3	Μετατροπή συντεταγμένων .....	35

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

### Αρχές περί υπερβολικών συστημάτων καθορισμού στίγματος

3.1	Γενικά περί υπερβολικών συστημάτων καθορισμού στίγματος .....	38
3.2	Προσδιορισμός υπερβολικών γραμμών θέσεως με τη μέθοδο μετρήσεως διαφοράς χρόνου .....	40
	3.2.1 Ταυτόχρονη εκπομπή των σταθμών – Δημιουργία αμφιβολίας .....	42
	3.2.2 Άρση αμφιβολίας με τη μη ταυτόχρονη εκπομπή των σταθμών (χρήση καθυστερήσεως χρόνου) .....	43
	3.2.3 Δημιουργία αμφιβολίας στην προέκταση της γραμμής βάσεως .....	45
	3.2.4 Σύστημα ομοεστίων υπερβολών που αντιστοιχούν σε ορισμένες διαφορές χρόνου .....	46
3.3	Προσδιορισμός υπερβολικών γραμμών θέσεως με τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως .....	46
	3.3.1 Μέτρηση αποστάσεως με τη διαφορά φάσεως .....	47
	3.3.2 Δημιουργία συστήματος ομοεστίων υπερβολών με τη μέθοδο συγκρίσεως φάσεως .....	49
	3.3.3 Η αβεβαιότητα διαιώνου .....	51
3.4	Συνδυασμός δύο ομάδων ομοεστίων υπερβολών για τον προσδιορισμό του στίγματος .....	52
3.5	Πιαράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ακρίβεια του υπερβολικού στίγματος .....	52
	3.5.1 Γεωμετρία στίγματος υπερβολικών συστημάτων .....	52
	3.5.2 Ακρίβεια των εκτελουμένων μετρήσεων .....	58
	3.5.3 Ταχύτητα διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων .....	58
	3.5.4 Διάδοση σημάτων με ουράνια κύματα .....	58

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

### Διάδοση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων στην ατμόσφαιρα

4.1	Τρόπος λειτουργίας του συστήματος LORAN-C .....	59
	4.1.1 Λειτουργία του LORAN-C σε κυκλική μορφή .....	63
	4.1.2 Προοπτικές του συστήματος LORAN-C .....	64

<b>4.2</b>	<b>Οι σταθμοί LORAN-C .....</b>	<b>64</b>
4.2.1	Χαρακτηριστικά εκπειπομένων από τους σταθμούς LORAN-C σημάτων.....	64
4.2.2	Συγχρονισμός των εκπειπομένων από τους σταθμούς LORAN-C σημάτων και εντοπισμός ανωμαλιών .....	66
4.2.3	Συντονισμός (Calibration) του συστήματος LORAN-C.....	67
<b>4.3</b>	<b>Μέτρηση της διαφοράς χρόνου στο δέκτη LORAN-C .....</b>	<b>69</b>
4.3.1	Το πρόβλημα της αναμεζεως ουράνιου κύματος με κύμα εδάφους .....	69
4.3.2	Χονδρική μέτρηση της διαφοράς χρόνου .....	69
4.3.3	Ακριβής μέτρηση της διαφοράς χρόνου .....	70
<b>4.4</b>	<b>Λήψη κυμάτων εδάφους και ουρανίων κυμάτων από το δέκτη LORAN-C .....</b>	<b>71</b>
4.4.1	Πλεονεκτήματα της χρησιμοποίησεως εκπομπών χαμηλής συχνότητας .....	71
4.4.2	Περιωχές στις οποίες αναμένεται λήψη κύματος εδάφους και από τους δύο σταθμούς. κύματος εδάφους από τον ένα και ουράνιου κύματος από τον άλλο ή ουράνιου κύματος και από τους δύο .....	71
<b>4.5</b>	<b>Σφάλματα του συστήματος LORAN-C και ο τρόπος αντιμετώπισεώς των .....</b>	<b>73</b>
4.5.1	Συστηματικά (σταθερά) σφάλματα τον συστήματος LORAN-C .....	73
4.5.2	Τυχαία σφάλματα του συστήματος LORAN-C.....	74
<b>4.6</b>	<b>Χάρτες LORAN-C και πρόσθετες πληροφορίες που περιέχουν.....</b>	<b>75</b>
<b>4.7</b>	<b>Πίνακες LORAN-C .....</b>	<b>79</b>
4.7.1	Γενική περιγραφή των πινάκων.....	79
4.7.2	Παράδειγμα χρησιμοποίησεως πινάκων LORAN-C.....	87
<b>4.8</b>	<b>Ακρίβεια του συστήματος LORAN-C .....</b>	<b>89</b>
4.8.1	Παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η ακρίβεια του συστήματος LORAN-C .....	89
4.8.2	Απόλυτη και οχετική ακρίβεια .....	89
4.8.3	Εκάμηηση της ακρίβειας του στίγματος με χρήση του κατάλληλου διαγράμμιστος ακρίβειας. Επιλογή των καταλληλοτέρων σταθμών για τον προσδιορισμό του στίγματος .....	90
<b>4.9</b>	<b>Δέκτες LORAN-C.....</b>	<b>91</b>
4.9.1	Γενικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες σύγχρονων δέκτη LORAN-C .....	91
4.9.2	Πρόσθετες δυνατότητες ορισμένων συγχρόνων δέκτων LORAN-C.....	92
4.9.3	Τρόπος χρησιμοποίησεως ενός σύγχρονου δέκτη LORAN-C .....	93
4.9.4	Άλλες κατηγορίες δέκτων LORAN-C .....	97

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

### Το σύστημα OMEGA

<b>5.1</b>	<b>Γρόπος λειτουργίας του συστήματος OMEGA .....</b>	<b>99</b>
<b>5.2</b>	<b>Εκπομπή σταθμών OMEGA.....</b>	<b>100</b>
<b>5.3</b>	<b>Μέτρηση της διαφοράς φάσεως στο δέκτη OMEGA .....</b>	<b>102</b>
<b>5.4</b>	<b>Αναγνώριση λαμβανομένων οημάτων στο δέκτη OMEGA (συγχρονισμός του δέκτη).....</b>	<b>103</b>

5.5	Διαίσθιοι OMEGA.....	105
5.6	Απεικόνιση υπερβολικών γραμμών θέσεως στους χάρτες OMEGA .....	106
5.7	Αναγνώριση διαύλου OMEGA .....	107
5.8	Σφάλματα που οφείλονται στη διαδόση των σημάτων OMEGA.....	109
5.8.1	Γενικά χαρακτηριστικά της διαδόσεως των σημάτων OMEGA.....	109
5.8.2	Τύποι διαδόσεως σημάτων OMEGA.....	111
5.8.3	Αιφνίδιες ιωνοσφαιρικές διαταραχές .....	112
5.8.4	Διαταραχές πολικών περιοχών.....	113
5.8.5	Διορθώσεις διαδόσεως σημάτων OMEGA.....	114
5.9	Ακρίβεια των συστήματος OMEGA.....	117
5.10	Διαφορικό OMEGA.....	119
5.11	Γενικά χαρακτηριστικά και τρόπος χρήσεως δεκτών OMEGA .....	120
5.11.1	Κατηγορίες δεκτών OMEGA.....	120
5.11.2	Τρόπος χρησιμοποιήσεως του δέκτη OMEGA.....	122
5.11.3	Υποτυπωτής διαφορών φάσεως OMEGA .....	124
5.11.4	Παραδειγματική χρησιμοποιήσεως πινάκων OMEGA για διορθώσεις διαδόσεως σημάτων και προσδιορισμού στίγματος.....	124

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

### Το σύστημα DECCA

6.1	Αλινιδες σταθμών DECCA και περιοχές καλύψεως .....	128
6.2	Αρχές λειτουργίας του συστήματος DECCA .....	129
6.2.1	Εκπομπή σταθμών DECCA .....	130
6.2.2	Μέτρηση διαφοράς φάσεως στο δέκτη DECCA .....	130
6.2.3	Διαύλοι και ζώνες DECCA.....	132
6.2.4	Αναγνώριση διαύλου στο δέκτη DECCA.....	133
6.3	Χάρτες DECCA και σχετικές εκδόσεις.....	136
6.3.1	Αριθμητη αλυσίδων DECCA .....	136
6.3.2	Χάρτες DECCA .....	136
6.3.3	Ναυτιλιακές και λοιπές εκδόσεις σχετικές με το σύστημα DECCA .....	136
6.4	Ακρίβεια και σφάλματα του συστήματος DECCA.....	136
6.4.1	Επίδραση της γεωμετρίας του στίγματος.....	138
6.4.2	Επίδραση της αναμίξεως ουρανίων κυμάτων με κύματα εδάφους.....	139
6.4.3	Επίδραση της ταχύτητας διαδόσεως των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων .....	140
6.5	Γενικά χαρακτηριστικά και τρόπος χρήσεως δεκτών DECCA.....	142
6.5.1	Κατηγορίες δεκτών DECCA .....	143
6.5.2	Τρόπος χρησιμοποιήσεως ενός δέκτη DECCA.....	143

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΒΔΟΜΟ

### Δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού στίγματος GPS «Global Positioning System»

7.1	Γενικά χαρακτηριστικά του συστήματος GPS.....	150
7.2	Δορυφορικό τημάτια συστήματος GPS.....	153
7.2.1	Γενικά χαρακτηριστικά δορυφόρων GPS .....	153
7.2.2	Χρονόμετρα δορυφόρων – Χρόνος συστήματος GPS.....	154
7.3	Δορυφορικά σήματα GPS .....	156
7.3.1	Γενικά χαρακτηριστικά δορυφορικών σημάτων GPS.....	156
7.3.2	Κάδικας υψηλής ακριβείας.....	157
7.3.3	Κάδικας χαμηλής ακριβείας C/A.....	157
7.3.4	Το ναυτιλιακό μήνυμα (κάδικας δεδομένων D).....	159
7.3.5	Διαμόρφωση δορυφορικών σημάτων με τη μέθοδο διασκορπίσεως φάσματος (spread spectrum modulation).....	159
7.4	Επίγειοι σταθμοί ελέγχου συστήματος GPS .....	162
7.4.1	Γενική περιγραφή σταθμών παρακολουθήσεως και ελέγχου .....	162
7.4.2	Καταγραφή εκπεμπομένων από τους δορυφόρους σημάτων .....	163
7.4.3	Υπολογισμός δορυφορικών εφημερίδων και διορθώσεων χρονομετρών δορυφόρων .....	163
7.4.4	Μετάδοση υπολογισθέντων δορυφορικών εφημερίδων και διορθώσεων χρονομέτρων στους δορυφόρους.....	165
7.5	Αρχές λειτουργίας και μέθοδοι προσδιορισμού θέσεως GPS .....	165
7.5.1	Μέτρηση ψευδοαποστάσεων .....	166
7.5.2	Σύγκλιση GPS δύο ή τριών διαστάσεων .....	168
7.5.3	Μέτρηση χρόνου διαδόσεως δορυφορικού σήματος και μετρήσεις διαφοράς φάσης .....	169
7.5.4	Μέθοδοι προσδιορισμού θέσεως (στίγματος) GPS.....	170
7.5.5	Καταστάσεις λειτουργίας συστήματος GPS .....	170
7.6	Δέκτες GPS.....	171
7.6.1	Γενική δομή δεκτών GPS .....	171
7.6.2	Καπηγορίες δεκτών GPS .....	173
7.6.3	Γενικά χαρακτηριστικά δεκτών GPS .....	175
7.7	Σφάλματα-ακριβεία συστήματος GPS .....	177
7.7.1	Ιονοσφαιρικές καθυστερήσεις.....	178
7.7.2	Τροποσφαιρικές καθυστερήσεις .....	178
7.7.3	Πολυκλαδικές παρεμβολές .....	179
7.8	Ακριβεία των συστήματος GPS.....	180
7.8.1	Ακριβεία στίγματος GPS.....	180
7.8.2	Ευαισθησία αβεβαιότητας εντοπισμού GDOP (Geometric Dilution of Precision) .....	180
7.8.3	Ισοδύναμη αβεβαιότητα στην απόσταση UERE (User Equivalent Range Error).....	181

7.8.4 Ακρίβεια προσδιορισμού ταχινητας .....	181
7.8.5 Ακρίβεια χρόνου .....	183
7.8.6 Συντελεστής αξιοπιστίας FOM (Figure of Merit) .....	183
7.9 Διαφορικό GPS .....	183
7.10 Ναυτιλιακές χρήσεις και δινατότητες του GPS.....	186

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΟΓΔΟΟ

### Σύνθετοι δέκτες και περιφερειακές μονάδες ηλεκτρονικών συστημάτων προσδιορισμού στήματος

8.1 Σύνθετοι δέκτες συστημάτων προσδιορισμού στήματος .....	188
8.2 Ηλεκτρονικές πινακίδες και πράπεξες υποτυπώσεως ναυτικών χαρτών .....	189

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΝΑΤΟ

### Συστήματα ηλεκτρονικού χάρτη

9.1 Γενικά περί συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη .....	195
9.2 Μορφές ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών .....	196
9.2.1 Διανησματική δομή (vector format) .....	196
9.2.2 Ψηφιδωτή δομή (raster format) .....	198
9.2.3 Πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα ηλεκτρονικών χαρτών διανησματικής-ψηφιδωτής δομής .....	198
9.2.4 Σύγχριση δυνατοτήτων εντύπων και ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών .....	199
9.3 Γενικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες συστημάτων ECDIS .....	200
9.3.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος και οθόνης .....	200
9.3.2 Βάση δεδομένων συστήματος ECDIS .....	201
9.3.3 Ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες συστήματος ECDIS .....	202
9.3.4 Απεικόνιση χαρτογραφικών και ναυτιλιακών στοιχείων στην οθόνη του ECDIS .....	204
9.3.5 Σχεδίαση και εκτέλεση πλού .....	206
9.4 Άλλες κατηγορίες συστημάτων ηλεκτρονικού χάρτη .....	207
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....</b>	<b>211</b>

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΠΡΩΤΟ

Πληροφορίες σχετικές με φαδιοναυτιλιακά βιοηθήματα στις ελληνικές ακτές .....	212
---	-----

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΔΕΥΤΕΡΟ

### Το φαδιογωνιόμετρο

2.1 Γενικά περί φαδιογωνιομέτρου .....	223
2.2 Αρχές λειτουργίας - Κατηγορίες φαδιογωνιομέτρων.....	223
2.2.1 Κερδαία βρόγχου ή πλαισίου (Ιορρ απεπνα) .....	224
2.2.2 Πολικό διάγραμμα περιστρεφόμενης κερδαίας πλαισίου - Αμφιβολία 180° .....	228

2.2.3 Άρση αιματιβολίας $180^\circ$ - Κεραία έννοιας.....	229
2.2.4 Ραδιογωνιόμετρα περιστρεφόμενης κεραίας .....	230
2.2.5 Ραδιογωνιόμετρα κεραίας σταθερών πλαισίων (κεραία Bellini-Tosi) .....	233
2.2.6 Αυτόματοι δέκτες ραδιογωνιομέτρου .....	236
2.2.7 Ραδιογωνιόμετρα με καθοδική οθόνη ενδείξεως ραδιοδιωπεύσεων .....	240
<b>2.3 Σφάλματα ραδιογωνιομέτρου και τρόποι περιστροφού τους .....</b>	<b>242</b>
2.3.1 Σφάλμα λόγω συννεύσεως των μεσημβρινών .....	242
2.3.2 Σφάλμα πολικότητας ή επιδραση νύκτας .....	245
2.3.3 Σφάλμα παράκτιας διαθλάσιεως ή επιδραση ακτής.....	245
2.3.4 Σφάλματα που οφείλονται στο πλοίο .....	246
<b>2.4 Ραδιοφάροι, ραδιογωνιομετρικοί σταθμοί ξηράς, σταθμοί μετρήσεως αποστάσεως και σχετικές εκδόσεις .....</b>	<b>254</b>
2.4.1 Ραδιοφάροι κυκλικής εκπομπής (Circular radiobeacons) .....	256
2.4.2 Ραδιοφάροι κατευθύνσεως (Directional radiobeacons) .....	256
2.4.3 Ραδιοφάροι περιστρεφόμενου τομέα εκπομπής.....	260
2.4.4 Σταθμοί προσδιορισμού αποστάσεως .....	260
2.4.5 Ραδιογωνιομετρικοί σταθμοί ξηράς (Radio Direction Finding Stations) .....	262
2.4.6 Παρόπτοι σταθμοί με λειτονογία QTG .....	263





# ΚΟΛΠΟΣ ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ - ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΔΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΡΑΔΙΟΦΑΡΩΝ ΚΑΙ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΟΔΟΤΩΝ

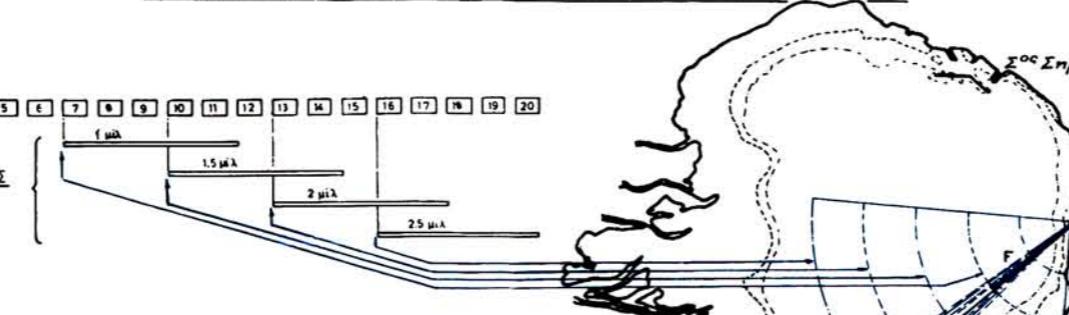
Λήψη ηλεκτρονικών σημάτων του Ρ/Φ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ σε τυχαία θέση του πλοίου που χρησιμεύουν για την χρονομέτρηση αφίξεως του ήχου.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Η/Σ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

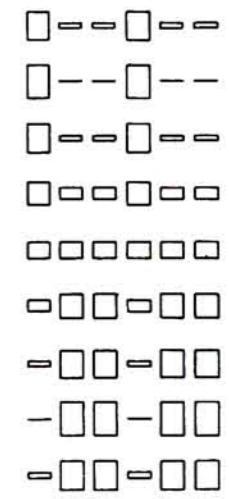
Χρονικές στιγμές αφίξεως του ήχου.



Ρ/Φ - Η/Σ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σχηματική παρόταση λήψεως των ηλεκτρονικών σημάτων ανάλογα με τη θέση του πλοίου ως προς τον Ρ/Φ.

Ρ/Φ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



Η/Σ ΑΞΙΟΥ

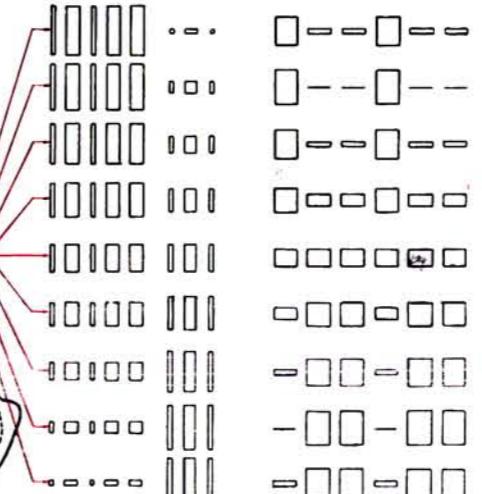
Χρονικές στιγμές αφίξεως του ήχου

Λήψη ηλεκτρονικών σημάτων του Ρ/Φ ΑΞΙΟΥ σε τυχαία θέση του πλοίου που χρησιμεύουν για την χρονομέτρηση αφίξεως του ήχου τόσο του Η/Σ ΚΑΡΑΜΠΟΥΡΝΟΥ όσο και του Η/Σ ΑΞΙΟΥ.

Η/Σ ΚΑΡΑΜΠΟΥΡΝΟΥ

Χρονικές στιγμές αφίξεως του ήχου.

Σχηματική παρόταση λήψεως των ηλεκτρονικών σημάτων ανάλογα με τη θέση του πλοίου ως προς τον Ρ/Φ.



## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Ρ/Φ = Ραδιοφάρος κατευθύνσεως  
Η/Σ = Ηχητικός σηματοδότης  
Η/Φ = Ηλεκτροφάρος

