

# Indice

## Prefazione

### CAPITOLO 1 Navigazione piana

13

- 17 Circonferenza e sua suddivisione
- 18 Il miglio marino
- 19 La velocità in mare
- 20 Operazioni di calcolo: spazio, tempo, velocità
- 22 Alcuni esempi chiarificatori
- 23 Le coordinate geografiche
- 24 Latitudine e longitudine
- 25 Latitudine - lat. -  $\varphi$
- 26 Longitudine - long. -  $\lambda$
- 26 Differenza di latitudine e di longitudine
- 26 Fuso orario
- 28 Gli spostamenti in mare
- 29 La rosa dei venti
- 29 Rotta vera - Prora vera
- 31 Ricordarsi: il vento viene, la corrente va
- 31 Ortodromia - Lossodromia
- 31 Le carte nautiche
- 37 Gli strumenti della navigazione piana
- 42 Prime operazioni di carteggio
- 45 Magnetismo e navigazione stimata
- 57 Navigazione costiera, i luoghi di posizione
- 69 La navigazione in presenza di vento e corrente
- 74 I problemi delle correnti
- 79 Rotta di intercettazione
- 81 Maree

### CAPITOLO 2 Cartografia e pubblicazioni nautiche

87

- 87 Istituto Idrografico della Marina
- 92 Altri istituti
- 93 Aggiornamento dei documenti nautici
- 94 Raccolta e diffusione delle informazioni

- 97    Regolamento internazionale
- 113    I segnalamenti marittimi
- 114    Segnali diurni e notturni
- 116    Segnali da nebbia
- 117    Segnali radio
- 118    Caratteristiche di fari e fanali
- 120    Principali tipi di luce
- 120    *Elenco dei Fari e Segnali da Nebbia*
- 123    Il sistema di segnalamento marittimo IALA
- 128    Segnali sonori (Regole 33 e 34)
- 130    Segnali sonori in condizione di visibilità ridotta (Regola 35)
- 131    Le precedenza

- 135    Dotazioni minime di sicurezza
- 147    Recupero dell'uomo a mare
- 151    Abbandono dell'imbarcazione
- 153    Assistenza e salvataggio
- 155    Soccorso medico: malattie e infortuni a bordo
- 156    Ipotermia
- 157    Classificazione della ipotermia
- 157    Incagli e falle
- 159    Incendio a bordo
- 162    Il nostro amico tender
- 165    Rimorchiare o essere rimorchiati

- 169    L'unità da diporto
- 174    Le manovre a motore
- 181    Le manovre in porto
- 190    I nodi
- 199    Entrata e uscita dai porti
- 200    Le manovre a motore alla banchina
- 209    Manovra di ancoraggio

- 222    La pressione
- 227    La temperatura

231	Umidità
233	I sistemi barici
235	Il vento
240	Circolazione generale dell'atmosfera
242	Stabilità e instabilità dell'aria
245	Le nubi
248	Classificazione e breve descrizione delle nubi
250	La teoria dei fronti
252	Fenomeni connessi al passaggio di una perturbazione
253	I fronti visti in sezione
255	I fronti occlusi
256	I simboli più importanti delle carte meteo
258	Meteorologia del Mediterraneo
259	I principali venti del Mediterraneo
264	Previsioni del tempo - I bollettini meteo
265	Esempio di una previsione meteo
270	Scala Beaufort della forza del vento
271	Scala Douglas dello stato del mare vivo

## CAPITOLO 7 Navigazione astronomica

273

273	Strumenti e calcoli
285	La latitudine al passaggio del Sole al meridiano
287	La longitudine al passaggio del Sole al meridiano
292	La retta d'altezza
294	Esempio pratico per la determinazione di una retta d'altezza di Sole

## CAPITOLO 8 Comunicazioni in mare

301

301	GMDSS
302	DSC
302	MMSI
303	Definizioni delle chiamate di soccorso, urgenza, sicurezza e ordinaria
304	Le aree di funzionamento GMDSS e relative apparecchiature
307	Come inviare una chiamata di soccorso (Distress Call) in DSC
312	Il sistema INMARSAT (INternational MARitime SATellite organization)
312	NAVTEX
314	Frasi utili
316	I canali VHF

- 319 Radiogoniometro
- 320 Il sistema Loran C
- 320 Decca
- 321 GPS (Global Positioning System)
- 323 RADAR (Radio Detection and Ranging)
- 325 Rapportatore Diagramma (RD)
- 326 CPA (Closest Point of Approach)
- 327 ARPA (Automatic Radar Plotting Aid)
- 327 MARPA (Mini Automatic Radar Plotting)
- 328 AIS (Automatic Identification System)

- 332 Ciclo del motore a quattro tempi
- 336 Le regole fondamentali per avere nel motore diesel un amico affidabile
- 338 I principali lavori di manutenzione
  
- 340 **Appendice**
- 340 Conversione delle unità di misura
- 341 Acronimi
- 343 Cime, scotte, drizze
  
- 344 **Bibliografia**

# 1

## NAVIGAZIONE PIANA

**A**ndar per mare richiede una certa pratica, e il problema di orientare la nave, lungo un percorso stabilito, è sempre stato uno dei più difficili che l'uomo abbia mai dovuto affrontare. Ma è stata anche una grande sfida che nel corso dei secoli ha stimolato l'intelligenza, lo spirito di osservazione, la capacità creativa e l'ingegno.

Questo problema è rimasto tale per secoli, con le sue incognite e le sue difficoltà, malgrado l'enorme sviluppo delle conoscenze umane e della scienza in generale.

Le prime navigazioni furono prevalentemente costiere poiché i marinai potevano contare solo sull'osservazione del litorale per stimare la propria posizione e le distanze percorse. I più dotati e intraprendenti annotavano queste osservazioni su quaderni, dando origine all'embrione di quello che diventeranno poi la carta nautica e i portolani.

Col passare del tempo i navigatori impararono a posizionarsi osservando le stelle e il Sole e, soprattutto, riuscirono a determinare un punto di riferimento (di notte la stella polare), dal quale tracciare percorsi con angoli diversi a seconda della destinazione da raggiungere.

Di giorno questo punto era dato dal culminare del Sole nel suo percorso da est a ovest.

Poi si inventarono i primi sistemi per misurare il tempo; prima la clessidra ad acqua e poi quella a polvere, con la quale si riusciva a calcolare, anche se in modo approssimativo, la velocità della nave.

La bussola fece la sua apparizione intorno al 1300 e consentì ai più ardimentosi di cimentarsi in navigazioni sempre più lunghe e impegnative, pur rimanendo costante e drammaticamente difficile conoscere la propria posizione in mare aperto.

La capacità di determinare i valori del magnetismo terrestre (peraltro già conosciuto, ma non capito, nell'antichità), e quindi di correggere le indicazioni di rotta date dalla bussola, portano un altro elemento di sicurezza e di precisione a sostegno dei nostri poveri comandanti.

Ma è solo con l'invenzione della carta nautica moderna, ideata attorno al 1500 dal cartografo fiammingo Gerhard Kremer, italianizzato in Mercatore, e del cronometro (verso la fine del 1700) che la navigazione può finalmente essere condotta con una certa sicurezza e precisione.

### **Cosa significa navigare**

Navigare significa spostarsi, lungo le vie non tracciate (cielo e mare), attraverso luoghi, cioè, dove non esistono percorsi naturali o artificiali sui quali far transitare il nostro mezzo di trasporto.

La navigazione marittima, della quale ci occuperemo, è la scienza che fornisce ai marinai le conoscenze tecniche e la capacità pratica di condurre una nave lungo un percorso sicuro, da un punto all'altro del «Grande Mare» che circonda la Terra.

Questo scopo si ottiene risolvendo tre problemi fondamentali:

#### **1. Scelta e individuazione del percorso**

Si effettua prima della partenza, nella fase di preparazione alla navigazione, mediante l'utilizzo di carte nautiche e altri strumenti che vedremo. Il problema si risolve geometricamente mediante l'utilizzo di linee che uniscano due o più punti sulla superficie terrestre.

#### **2. Guida dell'imbarcazione sul percorso prescelto**

Questo problema lo si risolve in maniera strumentale mediante la misurazione di tre elementi fondamentali: direzione (bussola), tempo di percorrenza (orologio), velocità (solcometro/log).

#### **3. Conoscenza della propria posizione**

La nave durante la navigazione è soggetta, oltre che all'azione degli organi di propulsione e di governo (vela, motore, timone), anche a quella dei venti, delle correnti e del moto ondoso che rendono difficile guidarla con esattezza lungo il percorso prescelto. Da qui la necessità di dover determinare, in qualsiasi momento, la propria posizione (Punto Nave).

Per conoscere il Punto Nave vi sono diversi sistemi:

#### **Navigazione stimata**

Quando il Punto Nave è determinato dalla direzione seguita (bussola) e dallo spazio percorso dall'ultima posizione nota (velocità, tempo).

#### **Navigazione costiera**

Quando il Punto Nave è determinato in riferimento a punti noti (punti cospicui), visibili sulla costa e riportati sulle carte nautiche.

#### **Navigazione elettronica e radionavigazione**

Quando il Punto Nave è determinato mediante radiogoniometro, Loran o GPS, il più recente e preciso sistema satellitare.

## Navigazione astronomica

Quando il Punto Nave è determinato con il sestante in relazione alla posizione degli astri.

L'insieme di navigazione stimata e navigazione costiera costituisce la Navigazione Piana che è la base per comprendere i problemi legati alla navigazione e per poter condurre un'imbarcazione con sufficiente sicurezza.

Nella navigazione piana si considera la Terra come una superficie piatta, e si risolve ogni problema applicando regole di geometria elementare (piana, appunto e non sferica).

Da qui la necessità di rappresentare vaste zone della Terra in un piano, su apposite carte nautiche.

## Navigazione da diporto

È quella effettuata sulle acque marittime e interne a scopo sportivo e ricreativo, senza fine di lucro.

## Forma e dimensioni della Terra

Per poter dare alla Terra una forma che più si avvicinasse a quella reale, si è convenuto di considerare la Terra racchiusa da un'ipotetica superficie costituita dal livello medio del mare prolungato attraverso i continenti. La sfera così racchiusa si chiama Geoide e corrisponde a un ellissoide di rotazione, cioè a una sfera un po' schiacciata ai poli, con un asse maggiore e un asse minore che differiscono di appena 3km ca. su un diametro di circa 13.000km.

Ai fini pratici la Terra viene considerata come una sfera e tutta la teoria della navigazione è basata su questo assunto.

## Asse terrestre o polare

È l'asse immaginario intorno al quale la Terra compie, in 24 ore, una rotazione completa su sé stessa. Per un osservatore che si trovi nell'emisfero nord la Terra ruota in senso antiorario. Un osservatore posto nell'emisfero sud la vedrà ruotare invece in senso orario (Figura 1.1).

## Poli terrestri

Sono i due punti attraverso i quali passa l'asse

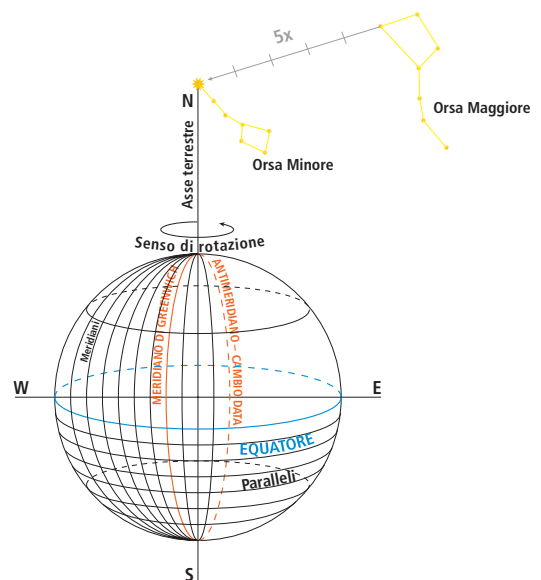


Figura 1.1 · Meridiani e paralleli

terrestre e quindi: polo nord, rivolto alla stella polare, che si individua come prima stella del timone del Piccolo Carro (Orsa Minore), posta sul prolungamento (di 5 volte) della linea che unisce le due ruote posteriori del Grande Carro (Orsa Maggiore); polo sud, opposto al polo nord.

Per effetto della rotazione terrestre, la stella polare, che si trova sul prolungamento dell'asse terrestre, risulta essere un punto fisso in cielo, mentre vedremo tutte le altre stelle e costellazioni (Orsa Maggiore compresa) ruotare attorno a essa.

Una curiosità: per effetto della precessione, dovuta all'attrazione combinata della Luna e del Sole sulla Terra, l'asse terrestre modifica la sua inclinazione e compie una rotazione completa, tornando all'inclinazione originaria, in circa 26.000 anni. A causa di questo movimento, anche i poli celesti cambiano nel tempo. Attualmente la stella verso cui si orienta l'asse terrestre è quella che noi chiamiamo stella polare, che si discosta dal polo nord celeste di circa  $001^\circ$ .

Tra qualche migliaio di anni la stella polare non sarà la stessa che vediamo ora ma, a quel punto, non saremo gli stessi neanche noi. (*Figura 1.1*).

### **Equatore**

È la circonferenza massima ottenuta dall'intersezione della superficie terrestre con un piano perpendicolare all'asse polare che passa per il centro della Terra e indica i poli est (E) e ovest (W) (*Figura 1.1*).

Se navigate nell'emisfero australe la nostra stella polare non si vede. Bisogna cercare la Croce del Sud per avere un'idea di dove si trovi il Sud.

### **Meridiani**

Sono le circonferenze passanti per i poli. Sono tutti cerchi massimi come l'equatore. Si considerano le semicirconferenze e, ai fini del riferimento, pur essendo praticamente infiniti, se ne considerano 360 (uno per ogni grado di angolo giro), 180 verso est e 180 verso ovest, partendo da un meridiano di riferimento che, per convenzione internazionale, è situato in corrispondenza del villaggio di Greenwich in Inghilterra e a cui si dà il valore zero (Zulu nella tabella fonetica di computazione). Il meridiano di Greenwich divide la Terra in due emisferi: orientale e occidentale. Orientale è quello situato sulla destra di un osservatore che da Greenwich guardi verso il polo nord, occidentale l'altro.

Il meridiano è diviso in due parti dai poli: meridiano (la parte in cui si trova l'osservatore) e antimeridiano l'altra. Il meridiano di Greenwich determina l'ora di riferimento, mentre il suo antimeridiano determina il cambio di data (*Figura 1.1* p. 15).



## Paralleli

Sono tutte le circonferenze minori parallele all'equatore; quelle di riferimento sono 90 verso nord e 90 verso sud (come il numero dei gradi di un angolo retto). In realtà, come i meridiani, possono essere divisi in 60 primi e ogni primo in 60 secondi o decimi di primo (*Figura 1.1 p. 15*).

La circonferenza è una figura geometrica piana e può essere suddivisa in vari modi; quelli che a noi interessano sono la suddivisione in arco e in ora.

La Terra impiega 24 ore per eseguire un'intera rotazione attorno al proprio asse, compiendo un angolo giro di  $360^\circ$  corrispondente alla circonferenza massima che abbiamo chiamato equatore. (La proiezione dell'equatore sulla volta celeste rappresenta l'equatore celeste).

Il quadrante dell'orologio, diviso in 24 ore ( $2 \times 12$ ), rappresenta l'equatore celeste e la lancetta, che ruota a velocità costante, uguale alla velocità angolare di rotazione della Terra, indica la traccia di un astro su cui ci si regola e si chiama angolo orario.

L'astro a cui noi ci riferiamo per la misura del tempo è il Sole e quindi, se noi ci troviamo su un determinato meridiano, impiegheremo 24 ore (medie) a tornare nella stessa posizione, dopo aver percorso  $360^\circ$  di rotazione.

Durante queste 24 ore, l'angolo orario del meridiano su cui ci troviamo, cambierà a ogni secondo rispetto all'astro di riferimento e verrà riportato dal nostro orologio.

Quindi il Sole, nel suo moto apparente intorno alla Terra, da est a ovest, compie una rivoluzione di  $360^\circ$  di longitudine ogni 24h medie: la sua velocità è perciò di  $015^\circ$  per ogni ora di tempo medio ( $360^\circ : 24 = 015^\circ$ ).

Avremo in pratica due misure espresse nello stesso modo (ora angolo e ora tempo) ma che indicano due grandezze di natura diversa; infatti, come vedremo più avanti, e questa è la cosa più interessante, l'ora angolo può essere convertita in una unità di lunghezza (miglio marino).

## Suddivisione in arco

La circonferenza viene divisa in 360 parti, ognuna delle quali si dice grado ( $0^\circ$ ), ogni grado è diviso in 60 primi ( $00'$ ) e ogni primo in 60 secondi ( $00''$ ).

## Suddivisione in ora

In questo caso la circonferenza è divisa in 24 parti, ognuna con ampiezza di  $015^\circ$  (vedi *Fuso orario* p. 26); ogni parte, denominata ora <sup>(h)</sup>, rappresenta la ventiquattresima parte della circonferenza. A sua volta

## Circonferenza e sua suddivisione

quest'ultima si divide in 60 parti, ognuna delle quali si dice minuto (<sup>m</sup>). Il minuto a sua volta si divide in 60 parti dette secondi (<sup>s</sup>).

Indicazione del tempo

Per indicare una determinata quantità di tempo si indica il numero delle ore, dei minuti e dei secondi, riportando a destra i corrispondenti simboli (es: **8<sup>h</sup> 17<sup>m</sup> 24<sup>s</sup>**).

Per indicare invece l'ora in cui ci si trova, o nella quale è avvenuta una certa azione si indica una serie di quattro numeri - due per le ore e due per i minuti (es: **07:25** o semplicemente **0725**).

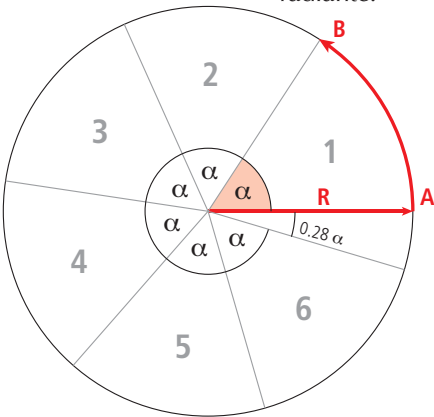
Ricordando quanto detto a proposito di ora angolo e ora tempo avremo:

Ora angolo (gradi, primi e secondi)	Ora tempo (ore, minuti e secondi)
360°	24 <sup>h</sup>
015°	1 <sup>h</sup>
001°	4 <sup>m</sup>
15'	1 <sup>m</sup>
1'	4 <sup>s</sup>
15''	1 <sup>s</sup>

Il miglio marino

Per capire come si arriva al miglio marino introduciamo innanzitutto il concetto di radiante.

Tracciamo una circonferenza e su di essa misuriamo un arco **AB** uguale al raggio **R**; l'angolo al centro  $\alpha$ , che sottende a quest'arco, si chiama radiante.



In una circonferenza ci sono **6,28** radianti e quindi 6,28 archi **AB** e cioè 6,28 raggi **R**.

Conoscendo la lunghezza del raggio e moltiplicandola per 6,28 si otterrà la lunghezza della circonferenza.

Il raggio della Terra è di 6.371.000 metri:

**6.371.000 x 6,28 = 40.009.880m**

Questa misura non è altro che la lunghezza della circonferenza.

Ogni circonferenza è composta di 360° e ogni grado di 60', quindi il numero dei primi in una circonferenza sarà:

Figura 1.2 - Miglio marino

$360^\circ \times 60' = 21.600'$  in una circonferenza

Dividendo la lunghezza della circonferenza per il numero dei primi in essa contenuti, otteniamo la misura di un primo di grado espressa in metri:

$$40.009.880\text{m} : 21.600' = 1852,30\text{m}$$

**Il miglio marino è la lunghezza di 1 primo di grado di circolo massimo ed è pari per convenzione a 1852 metri.**

L'importanza di questo semplice teorema geometrico è che ci permette di trasformare una misura angolare (gradi, primi e secondi) in una misura lineare (miglia, metri) (*Figura 1.2*).

La velocità in mare si esprime in nodi.

| La velocità in mare

**1 nodo corrisponde a 1 miglio/ora.**

Essendo già espressa nel termine nodo l'unità di tempo, cioè l'ora, per indicare una qualsiasi velocità basta indicare il numero delle miglia che si percorrono in un'ora, seguite dalla parola nodo.

**12 nodi = 12 miglia/ora** (dire 12 nodi all'ora non è corretto)

#### **Nodi - km/h - m/s**

Per rapportare a chilometri una misura espressa in miglia e viceversa, o rapportare a metri al secondo una velocità espressa in nodi o viceversa, di solito si ricorre ad apposite tabelle già calcolate e pubblicate nelle tavole nautiche che riportano esattamente i valori cercati.

In mancanza delle tabelle è però possibile determinare i valori con sufficiente approssimazione, mediante dei calcoli molto semplici.

Per passare:

- dalle miglia ai chilometri si moltiplica per 2 e si toglie il 10%.
- dai chilometri alle miglia si divide per 2 e si aggiunge il 10%.

A volte la velocità del vento si misura in metri al secondo anziché in nodi (chi pratica windsurf o deriva lo sa bene); ecco come fare per avere il coefficiente di conversione:

1 nodo = 1 miglio/ora  
e cioè:  
 $1852 \text{ m} / 3600 \text{ s} = 0,51 \text{ m/s}$

Per convertire approssimativamente i nodi in metri al secondo, basta moltiplicare per 0,51 e cioè, per buona approssimazione, dividere per 2.

### **Solcometro a barchetta**

Il problema della velocità dell'imbarcazione, in assenza di strumenti adeguati (cronometro, log), veniva risolto calcolando lo spazio percorso dalla nave da un punto fisso della superficie del mare in una breve unità di tempo e rapportandolo poi all'ora.

Nel solcometro a barchetta il punto fisso era ottenuto lanciando in mare, a poppa, una tavoletta di legno, zavorrata da un inserto in piombo.

Questa tavoletta era collegata, mediante dei cordini, a una lunga sagola raccolta a bordo su di un rullo, sulla quale erano stati fatti dei nodi a distanze regolari, in genere ogni 15,4m (la 120<sup>ma</sup> parte del miglio di 1852m).

Si lasciava filare la tavoletta fino a raggiungere acque tranquille, si girava la clessidra a sabbia, tarata a 30" (la 120<sup>ma</sup> parte di 1<sup>h</sup>), filando contemporaneamente la sagola e contando i nodi che scorrevano fra le dita fino al cadere dell'ultimo granello.

Il numero dei nodi che scorreva tra le dita indicava le miglia percorse in un'ora.

Da qui la parola nodo per indicare la velocità in miglia orarie.

In pratica si teneva conto anche di un «fattore correttivo», determinato in base all'esperienza, che tenesse conto del trascinamento che la tavoletta subiva da parte della nave (ca. 1/19 di 15,4m).

Questo sistema, pur con tutti i suoi limiti, è stato usato fino a quasi tutto l'Ottocento.

### **Operazioni di calcolo: spazio, tempo, velocità**

Nella fase di progettazione di un viaggio e durante tutta la navigazione si presenta la necessità di eseguire operazioni di calcolo tra spazio, tempo e velocità; queste operazioni sono fondamentali e costituiscono il pane quotidiano per chi naviga.

Ecco le formulette che legano tra di loro queste tre grandezze:

$$\text{Tempo} = \text{Spazio} : \text{Velocità} \quad T = \frac{S}{V}$$

$$\text{Spazio} = \text{Velocità} \times \text{Tempo} \quad S = V \times T$$

$$\text{Velocità} = \text{Spazio} : \text{Tempo} \quad V = \frac{S}{T}$$

In mare le unità di misura con le quali si esprimono queste grandezze sono:

- **L'ora per il tempo.**
- **Il miglio per lo spazio.**
- **Il nodo per la velocità.**

Queste unità di misura però non seguono lo stesso sistema di suddivisione, infatti:

- **L'ora segue il sistema sessagesimale.**
- **Il miglio e il nodo seguono il sistema decimale.**

**Esempi:**

**Un tempo di 4<sup>h</sup> e 23<sup>m</sup>**

(significa 4 ore e 23 sessantesimi di ora)

**Una distanza di 9,7 miglia**

(significa 9 miglia e 7 decimi di miglio)

**Una velocità di 7,5 nodi**

(significa 7 nodi e 5 decimi di nodo)

Di conseguenza, ogni qualvolta dobbiamo impostare operazioni di calcolo dove entra in gioco il tempo, la cui divisione non segue il sistema decimale, bensì quello sessagesimale, dovremo fare molta attenzione a non confondere i minuti con i decimi e centesimi di ora e, viceversa, i decimi e i centesimi di ora con i minuti.

Ricordiamo che le ore e i gradi sono divisi in 60 parti (scala sessagesimale), mentre le miglia e i nodi sono divisi in decimi (scala decimale).

Dato che non è possibile effettuare operazioni con grandezze diverse, per operare correttamente e non cadere in banali errori, bisogna trasformare la scala sessagesimale in decimale o viceversa.

Nella figura (Figura 1.3) è evidente la relazione esistente tra le due scale e cioè:

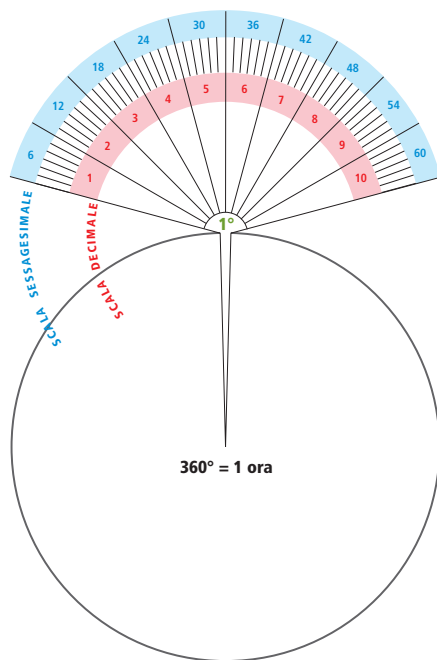


Figura 1.3 - Decimali-sessagesimali

<b>1 decimo di ora</b>	<b>= 6 minuti</b>
<b>1 decimo di grado</b>	<b>= 6 primi</b>
<b>1 decimo di minuto</b>	<b>= 6 secondi</b>
<b>1 decimo di primo</b>	<b>= 6 secondi (di arco)</b>

### Alcuni esempi chiarificatori

#### Esempio 1

Un tempo di  $4^h 24^m$  non corrisponde a  $4,24^h$ , bensì a  $4^h$  e 4 decimi di ora, ossia  $4,4^h$ .

#### Esempio 2

Un tempo di  $4,24^h$  non corrisponde a  $4^h 24^m$ , bensì a  $4^h 14^m 24^s$ , infatti:

**$4,24^h$  sono  $4^h$  e 24 centesimi di ora**

Si trasformano i centesimi di ora in minuti togliendo le 4 ore e moltiplicando per 60:

$$4,24^h - 4^h = 0,24^h \times 60 = 14,4^m \text{ cioè } 14 \text{ minuti e } 4 \text{ decimi di minuto.}$$

Si trasformano i decimi di minuto in secondi togliendo i 14 minuti e moltiplicando per 60:

$$14,4^m - 14^m = 0,4^m \times 60 = 24^s \text{ cioè } 24 \text{ secondi.}$$

Quindi:

$$4,24^h = 4^h 14^m 24^s$$

#### Esempio 3

Calcolare il tempo che si impiega a percorrere 35 miglia alla velocità di 7,3 nodi.

$$T = \frac{S}{V} = \frac{35}{7,3} = 4,79^h \text{ (4 ore e 79 centesimi di ora)}$$

$$4,79^h - 4^h = 0,79^h \times 60 = 47,4^m \text{ (che possiamo arrotondare a } 47^m)$$

Quindi:

$$4,79^h = 4^h 47^m$$

#### Esempio 4

Calcolare il tempo che s'impiega a percorrere 27,3 miglia alla velocità di 11 nodi.

$$T = \frac{S}{V} = \frac{27,3}{11} = 2,48^h \text{ (2 ore e 48 centesimi di ora)}$$

$$2,48^h - 2^h = 0,48^h \times 60 = 28,8^m \text{ (che si possono arrotondare a } 29^m)$$

Quindi:

$$2,48^h = 2^h 29^m$$

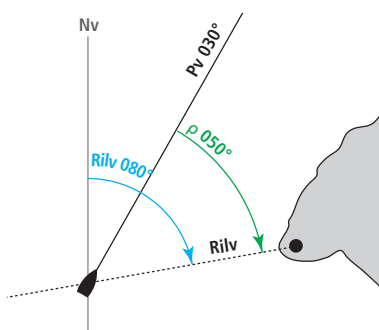


Figura 1.40 - Rilevamento polare

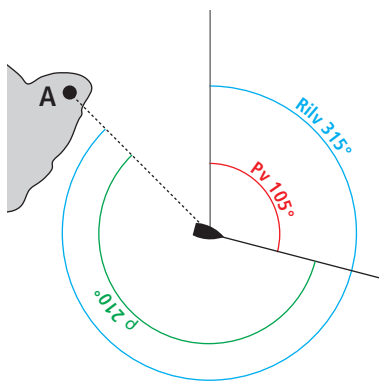


Figura 1.41 - Grafometro circolare

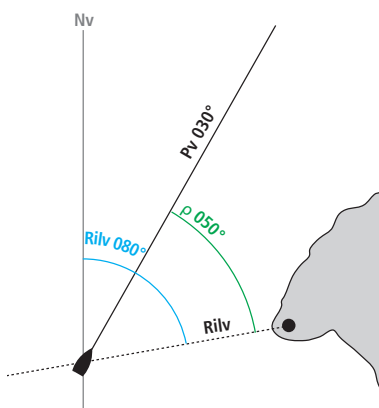


Figura 1.42 - Grafometro semicircolare DX

## Rilevamenti polari

Se misuriamo l'angolo tra la direzione della prora e la direzione dell'oggetto rilevato, si ottiene un rilevamento che prescinde dal magnetismo e si chiama Rilevamento polare (Rilp), indicato anche con la lettera ro ( $\rho$ ) dell'alfabeto greco.

Poiché il Rilevamento polare è l'angolo tra la direzione della prora e la direzione dell'oggetto, è sufficiente sommarlo a questa per avere un rilevamento normale (Figura 1.40):

$$\text{Rilb} = \text{Pb} + \rho$$

$$\text{Rilm} = \text{Pm} + \rho \text{ o meglio se conosciamo la Pv}$$

$$\text{Rilv} = \text{Pv} + \rho$$

Il Rilevamento polare si misura con il grafometro, che può essere circolare o semicircolare, e prima di essere tracciato sulla carta deve essere corretto in vero.

## Grafometro circolare

Se il grafometro è circolare il  $\rho$  si misura in senso orario da  $0^\circ$  a  $360^\circ$  ed è sempre positivo, per cui vale la relazione: Rilevamento = Prora +  $\rho$

**Esempio** - Navighiamo con  $\text{Pv} = 105^\circ$  e con il grafometro rileviamo un faro con  $\rho = 210^\circ$ ; il Rilevamento vero sarà:  $\text{Rilv} = 105^\circ + 210^\circ = 315^\circ$  (Figura 1.41).

## Grafometro semicircolare

I Rilevamenti polari presi con il grafometro semicircolare saranno positivi se presi a dritta e negativi se presi a sinistra.

**Esempio 1** - Stiamo tenendo una  $\text{Pv} = 030^\circ$  e rileviamo un faro a dritta con  $\rho = 050^\circ$ , il Rilevamento vero che tracciamo sulla carta sarà:

$$\text{Rilv} = 030^\circ + 050^\circ = 080^\circ \text{ (Figura 1.42).}$$

**Esempio 2** - Stiamo tenendo una  $\text{Pv} = 120^\circ$  e rileviamo un faro a sinistra con  $\rho = 040^\circ$ , il Rilevamento vero sarà in questo caso:

$$\text{Rilv} = 120^\circ - 040^\circ = 080^\circ \text{ (Figura 1.43).}$$

Concludendo, per trasformare il Rilevamento polare, effettuato col grafometro semicircolare, in Rilevamento vero avremo:

$$\text{Rilv} = \text{Pv} + (\pm\rho)$$

### Il traverso

Quando rileviamo un oggetto a  $090^\circ$ , sia a dritta che a sinistra, rispetto alla prora che stiamo seguendo, si dice che questo si trova al traverso; si tratta di un Rilevamento polare di  $090^\circ$ .

### Controllo della velocità

Utilizzando il traverso possiamo verificare la velocità della nostra imbarcazione in modo molto semplice.

Un esempio: navigando in vicinanza della costa individuiamo due punti cospicui e da essi tracciamo le perpendicolari alla rotta che stiamo tenendo. La distanza tra i due traversi, evidenziati dall'intersezione dei rilevamenti con la rotta, costituisce uno spazio di lunghezza misurabile, mediante il quale è possibile determinare la velocità effettiva in base al tempo che impieghiamo a percorrerlo ( $V = S : T$ ).

Questa operazione può funzionare se Pv e Rv coincidono e se la velocità è costante; in presenza di corrente e scarroccio non è quindi attendibile (Figura 1.44).

### Punto di accostata

Quando navighiamo lungo costa, la prima cosa da fare è individuare i punti cospicui sui quali si vuole accostare, cioè cambiare rotta.

La distanza da questi punti verrà evidenziata tracciando col compasso un cerchio di uguale distanza che tenga anche conto di eventuali pericoli che la nostra imbarcazione potrebbe arrecare ad altri (bagnanti, tavole a vela, piccoli natanti da spiaggia, ecc.).

La distanza di sicurezza di 1 miglio è da ritenersi senz'altro una buona norma.

Quando si arriva al traverso del punto individuato, si accosta, seguendo la nuova rotta per il punto successivo.

È sempre bene determinare il PNR al momento dell'accostata in modo da essere certi che si stia seguendo il percorso previsto. In caso contrario si traccia, dal nostro PNR, la nuova rotta per raggiungere il punto previsto (Figura 1.45).

### Punto Nave con il raddoppio del Rilevamento polare

Un'applicazione interessante dei Rilevamenti polari ci è data dalla geometria.

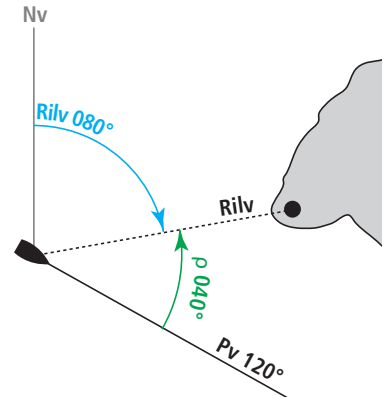


Figura 1.43 - Grafometro semicircolare SX

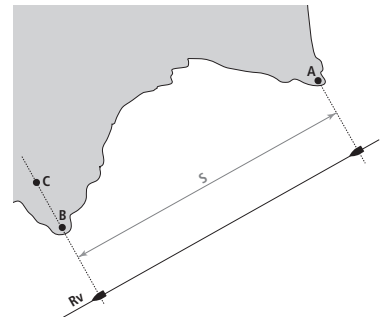


Figura 1.44 - Verifica della velocità

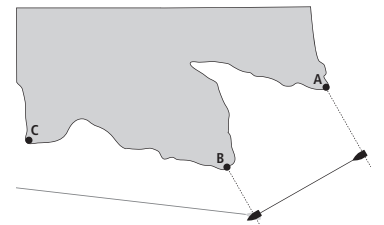


Figura 1.45 - Punto di accostata



Sappiamo che all'interno di un triangolo isoscele, ai due lati uguali corrispondono angoli uguali, mentre l'angolo esterno al vertice dei due lati uguali è il doppio degli angoli uguali. Ciò significa che, se rileviamo un punto con un certo  $\rho$ , quando lo rileviamo con  $2\rho$  vuol dire che il percorso effettuato tra i due rilevamenti è uguale alla distanza tra l'oggetto rilevato e l'imbarcazione al momento del secondo rilevamento.

Conoscendo la velocità dell'imbarcazione è sufficiente riportare, sul secondo rilevamento, lo spazio percorso tra il primo e il secondo rilevamento per avere il nostro PNR (Figura 1.46).

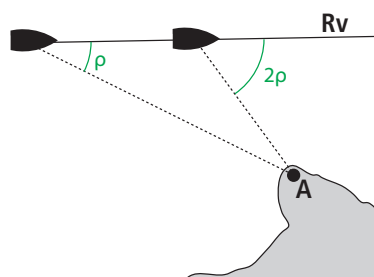


Figura 1.46 - Raddoppio Rilevamento polare

### Punto Nave con Rilevamento polare ( $045^\circ$ ) e al traverso ( $090^\circ$ )

È una semplificazione di quello che abbiamo visto in precedenza.

Vediamo come si procede praticamente:

1. In navigazione, quando si osserva l'oggetto con  $\rho = 045^\circ$ , si segna l'ora precisa o si prende nota, sul conta miglia, delle miglia percorse in totale.
2. Quando si osserva l'oggetto con  $\rho = 090^\circ$  si prende l'ora o, sul conta miglia, le miglia percorse dal primo rilevamento.
3. Si traccia il secondo rilevamento dell'oggetto e su di esso si riportano le miglia percorse tra il primo e il secondo rilevamento. Questo sarà il nostro Punto Nave (Figura 1.47).

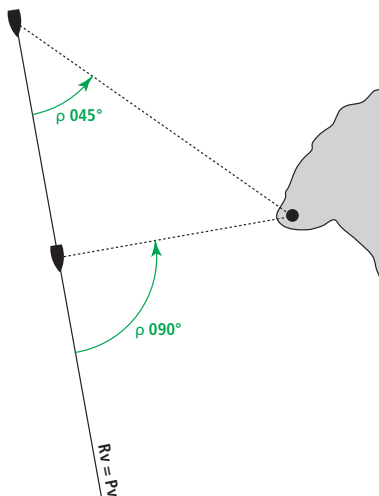


Figura 1.47 -  $045^\circ$  e al traverso

Il discorso vale ugualmente anche se si misura prima il rilevamento polare al traverso ( $090^\circ$ ) e poi il polare di  $135^\circ$  ( $090^\circ + 045^\circ$ ) a poppavia del traverso.

Attenzione: sia per il raddoppio che per il  $45^\circ$  e al traverso, il metodo funziona se i Rilevamenti polari sono riferiti alla Rotta vera. In presenza di vento e corrente, i cui valori è spesso difficile conoscere esattamente, la Pv non coincide con la Rv, il che potrebbe portare a errori di valutazione anche importanti.

Inoltre: poiché sulle imbarcazioni da diporto, la presenza del grafometro è praticamente sconosciuta, per realizzare questo metodo bisognerebbe trasformare i Rilevamenti polari in veri, tenendo conto della declinazione magnetica (se si usa la bussola da rilevamento) e anche della deviazione (se si dovesse usare il cerchio azimutale).

Come abbiamo visto, la navigazione stimata consiste nel condurre l'imbarcazione su un percorso stabilito e determinare, in base alla velocità e alla direzione fornitaci dalla bussola, corretta del magnetismo, il nostro PNS con una frequenza dettata dal tipo di navigazione che si sta seguendo.

Se riportiamo periodicamente sul giornale di bordo tutti i dati relativi alla prora e alla velocità, in modo scrupoloso, possiamo ragionevolmente ritenere di avere un Punto Nave sufficientemente attendibile, anche se, come abbiamo già detto, è molto difficile averlo assolutamente preciso.

### Esempio semplificato di giornale di bordo

Ora	Pb	Vm	Pv	Vp	Osservazioni
0500	030°	+ 003°	033°	7 nodi	alle 0530 si accosta per Pb 070°
0600	070°	- 001°	069°	6 nodi	Bolina
0700	070°	- 001°	069°	6 nodi	alle 0735 si accosta per Pb 110°
0800	110°	- 002°	108°	7 nodi	alle 0845 si accosta per Pb 125°
0900	125°	- 003°	122°	7,5 nodi	si continua con questa rotta

Abbiamo già visto che Pv e Rv sono esattamente la stessa cosa in assenza di altri due elementi perturbatori che sono: scarroccio e deriva.

### Lo scarroccio (ricordarsi: il vento viene)

La direzione della barca è fornita, in gradi, dalla linea di fede della bussola. Corretto questo valore in base al magnetismo, otteniamo la Prora Vera.

La barca però si muove sull'acqua e, per effetto del vento, scivola su di essa lungo una direzione diversa dalla prora (Rvs, Rotta vera di superficie).

Questo angolo di scostamento è lo scarroccio (sc).

Per misurare lo scarroccio possiamo valutare, a occhio, l'angolo tra la direzione della prora e la scia lasciata dall'imbarcazione (Figura 1.48).

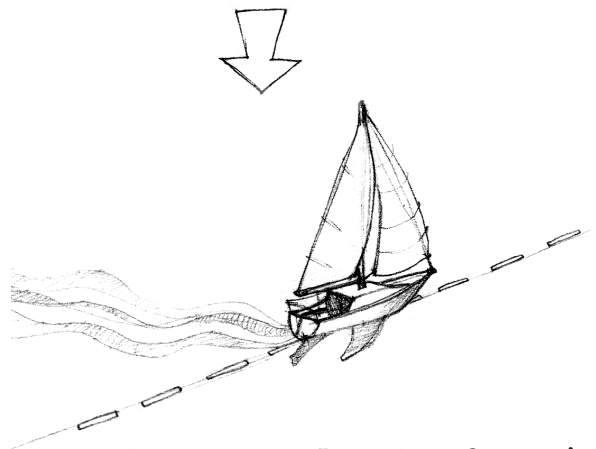


Figura 1.48 - Scarroccio

È una valutazione empirica, possibile solo in condizioni di calma e che si può per esperienza stimare attorno a  $003^{\circ}$ - $005^{\circ}$ . In caso di cattivo tempo e di mare agitato è possibile avere un angolo di scarroccio anche di  $010^{\circ}$ - $020^{\circ}$ .

Non esiste purtroppo un metodo sicuro per la sua determinazione, ma è lo skipper che, a seconda del tipo di barca, dell'andatura, del vento, del timoniere, ecc., fa una valutazione «a naso». Se il vento viene da sinistra, la barca scarroccerà a destra assumendo una Rvs maggiore; in questo caso avremo un angolo di scarroccio positivo.

Se il vento viene da destra, la barca scarroccerà a sinistra e quindi si avrà un lsc negativo.

Naturalmente la Velocità propria (Vp), sarà influenzata dallo scarroccio e viene misurata dal solcometro (vedi Figura 1.11 pagina 30).

### La deriva (ricordarsi: la corrente va)

In presenza di corrente, l'acqua e la barca, insieme, vengono spostate rispetto al fondo. In questo caso, poiché non vi è ulteriore spostamento della barca rispetto all'acqua, la velocità risultante non viene letta dal solcometro, ma deve essere calcolata vettorialmente, come vedremo. Lo spostamento provocato dalla corrente si chiama deriva (**der**) ed è l'angolo tra la prora tenuta (Pv) e la rotta effettivamente percorsa (Rv); anche in questo caso avremo deriva positiva se a destra e negativa se a sinistra della prora.

Se ad esempio l'acqua si sposta in direzione  $230^{\circ}$  e in 1 ora percorre 1,3 miglia, avremo una corrente definita nei suoi parametri (Figura 1.49):

Direzione corrente (Dc) =  $230^{\circ}$

Velocità corrente (Vc) = 1,3 nodi

Supponiamo di attraversare un fiume. In assenza di corrente, dal punto A dirigiamo e arriviamo dritti su B ma, se teniamo questa direzione con

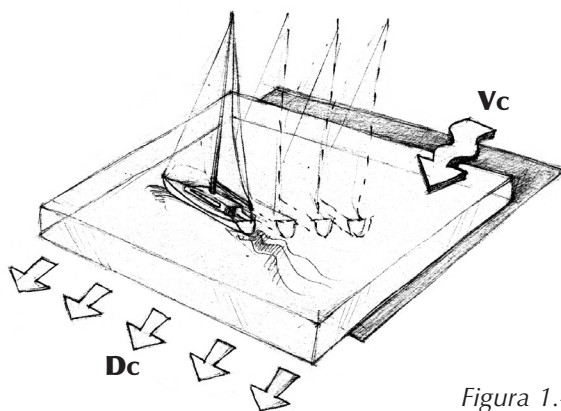


Figura 1.49 - Corrente

l'acqua che scorre, arriveremo in un punto che potrebbe essere più o meno vicino a C a seconda della velocità che stiamo tenendo e della velocità della corrente. Infatti, più siamo veloci e meno tempo saremo in balia della corrente, arrivando in un punto poco distante da B. Se invece siamo molto lenti la corrente ci porterà addirittura oltre il punto C (Figura 1.50).

Come si può vedere, in presenza di corrente, è come se navigassimo attraverso un fiume e la Rotta vera tracciasse un solco sul fondo con un certo angolo rispetto alla prora (Figura 1.51).

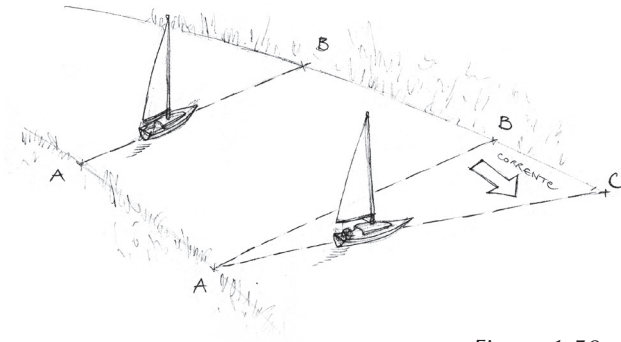


Figura 1.50 - Corrente

Per compensare l'azione della corrente dovremo orientare la prora verso di essa, di quanti gradi lo vedremo nelle pagine seguenti (Figura 1.52).

Ricordiamo di nuovo:

- In assenza di vento e corrente Prora vera e Rotta vera coincidono.

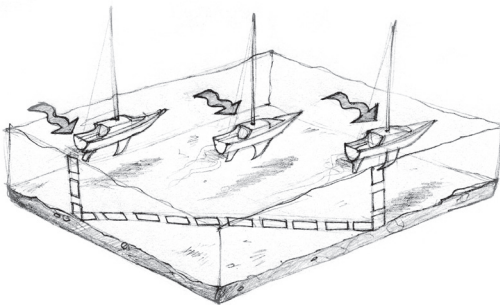


Figura 1.51 - Corrente

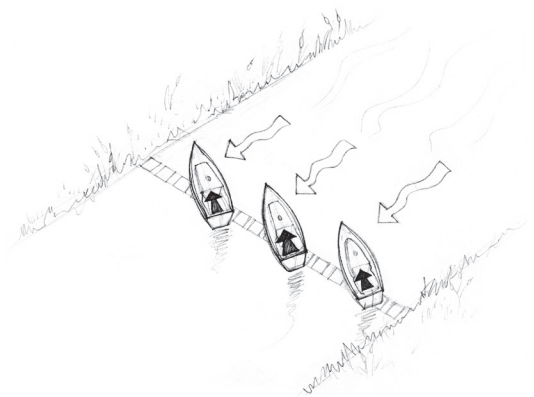


Figura 1.52 - Corrente

- In presenza di vento e/o corrente, Prora vera e Rotta vera non coincidono; conoscendo però i valori di scarroccio e deriva è possibile passare dall'una all'altra mediante le operazioni di correzione e conversione:

**CORREZIONE:  $Rv = Pv + (\pm sc) + (\pm der)$**

Mantenendo una prora, troviamo la rotta effettivamente seguita per effetto del vento della corrente.

**CONVERSIONE:  $Pv = Rv - (\pm der) - (\pm sc)$**

Per seguire una rotta stabilita, troviamo la prora da mantenere per compensare l'effetto del vento e della corrente (Figura 1.53).

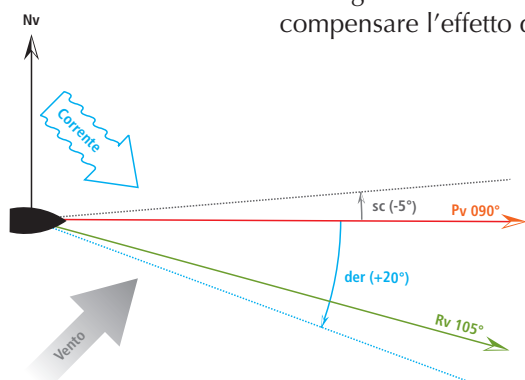


Figura 1.53 - Corrente Pv - Rv

Se consideriamo, oltre all'effetto di vento e corrente, anche quello del magnetismo, le due espressioni finali saranno:

Per passare dalla bussola alla carta:

**CORREZIONE:**

$$Rv = Pb + (\pm \delta) + (\pm d) + (\pm sc) + (\pm der)$$

Per passare dalla carta alla bussola:

**CONVERSIONE:**

$$Pb = Rv - (\pm der) - (\pm sc) - (\pm d) - (\pm \delta)$$

Come già detto, il valore dello scarroccio si determina conoscendo il comportamento della propria barca alle diverse andature.

Nel caso della corrente invece, le variazioni di direzione e di velocità si determinano graficamente, con una rappresentazione vettoriale delle forze in gioco.

**I vettori**

In fisica la parola «forza» viene applicata a qualunque azione in grado di alterare lo stato di moto o di quiete o che produca una deformazione del corpo su cui agisce.

Essa viene rappresentata da un vettore che è in pratica una freccia avente una lunghezza e una direzione ben definite (Figura 1.54).

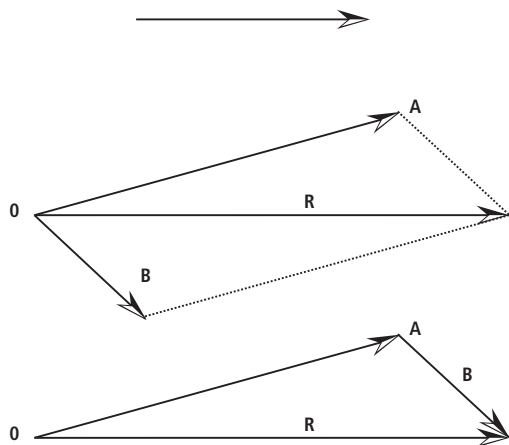


Figura 1.54 - I vettori

- La punta delle frecce indica la direzione.
- La lunghezza indica l'intensità della forza a seconda dell'unità di misura adottata (nel nostro caso è la velocità espressa in nodi).

Due o più forze applicate a qualsiasi corpo, imprimono a esso un movimento che è dato dalla risultante delle forze stesse.

Se due forze hanno esattamente la stessa direzione, la forza risultante sarà data dalla loro somma; in questo caso  $V_p = 5n$ ,  $V_c = 2n$  a favore  $V_e = 7n$  (Figura 1.55).

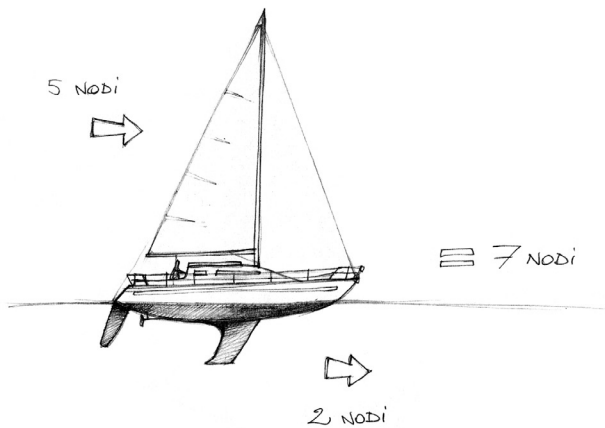


Figura 1.55 - Corrente

Se hanno direzione esattamente contraria, la risultante sarà data dalla loro differenza; in questo caso avremo:

$V_p = 5n$ ,  $V_c = 2n$  contraria  $V_e = 3n$  (Figura 1.56).

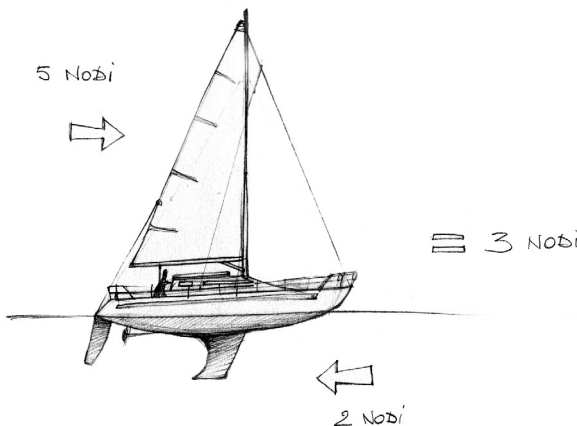


Figura 1.56 - Corrente

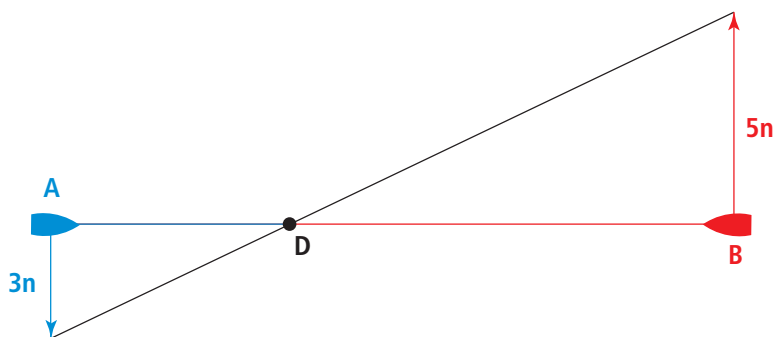


Figura 1.62 - Rotta di intercettazione

**Punto d'incontro tra due imbarcazioni, A e B, che procedono sulla stessa rotta a velocità diverse**

- Da A e da B si tracciano, sullo stesso lato, i due vettori relativi alle loro velocità.
- Si uniscono gli estremi dei due vettori fino a raggiungere la rotta nel punto C che è il punto d'incontro (Figura 1.63).

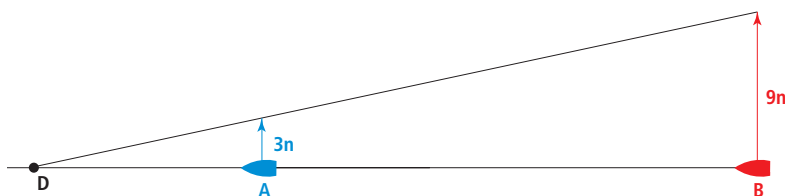


Figura 1.63 - Rotta di intercettazione

Si chiamano **maree** le variazioni del livello del mare dovute all'attrazione esercitata dai corpi celesti, principalmente, per noi, il sole e la luna, come dimostrato da Newton nella sua fondamentale *legge della gravitazione universale* che dice: *nell'universo, ogni corpo attrae ogni altro corpo con una forza che è direttamente proporzionale al prodotto delle loro masse e inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza*.

Questo significa che la luna e il sole, esercitando la loro forza di attrazione sulle molecole d'acqua che compongono gli oceani, creano sulla superficie rivolta verso di loro, una protuberanza di alta marea.

Questa protuberanza, di per sé minima, confrontata con la forza di gravità terrestre, crea però uno spostamento orizzontale della massa d'acqua generando quelle che si definiscono **correnti di marea** (*tidal stream*).

| Maree

Tra i due astri è la luna ad avere maggiore importanza perché, pur avendo una massa inferiore a quella del sole, è molto più vicina alla terra e la sua influenza è di circa 2, 2 volte quella del sole.

La forza di attrazione esercitata dalla luna è maggiore sui punti della superficie terrestre che si trovano verso di essa (più vicini), minore per quelli che si trovano nell'emisfero opposto (più lontani) e intermedia nei punti situati sul cerchio massimo AB perpendicolare

alla linea congiungente centro-terra, centro-luna (Figura 1.63.1).

Nell'emisfero rivolto verso la luna prevale l'attrazione lunare, e quindi si generano forze rivolte verso di essa (marea lunare); nell'emisfero opposto, invece, prevale la forza centrifuga che genera forze dirette in senso opposto (marea antilunare) (Figura 1.63.1).

Avremo in pratica 2 protuberanze sfalsate di 12 ore e 25 minuti; la luna impiega 24 ore e 50 minuti a compiere un intero giro intorno alla terra (quando si trova sul piano dell'equatore terrestre).

Il sole si comporta allo stesso modo, anche se in misura minore.

L'insieme delle correnti di marea lunare e solare forma la **marea luni-solare** che è quella che si osserva.

Questa corrente di marea è praticamente nulla nei punti lunare (M), antilunare (M<sub>1</sub>) e in quelli del cerchio massimo AB, è massima invece nei due cerchi minori EF e GH che si trovano a 45° dal centro della terra (Figura 1.63.1).

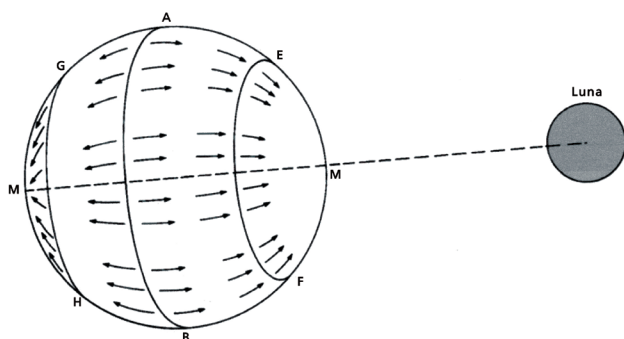


Figura 1.63.1 - Correnti di marea

### Maree sizigiali

Il sole e la luna esercitano la loro forza di attrazione in ogni punto della superficie terrestre generando un'onda di marea detta **lunisolare**.

Nel corso di un mese lunare (29,5 giorni), per due volte, con intervalli di 14,75 giorni, il sole, la luna e la terra si trovano sullo stesso piano meridiano.

In questa situazione, o con uno dei due astri sull'antimeridiano dell'altro, le forze di attrazione del sole e della luna si sommano e le alte e le basse maree sono, per ampiezza, le maggiori che si possano verificare e sono dette **maree sizigiali**. (Figura 1.63.2)



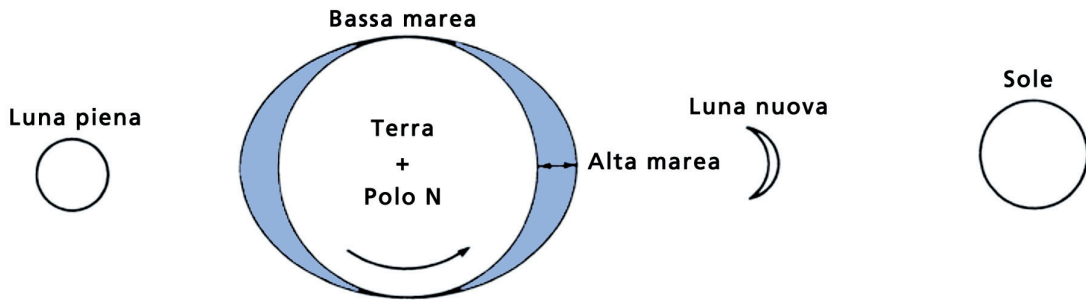


Figura 1.63.2 - Maree sizigiali luna in opposizione e congiunzione col sole

### Maree di quadratura

Quando il sole e la luna, ogni 14,75 giorni, si vengono a trovare su piani perpendicolari tra loro, siamo in presenza delle **quadrature** dove le forze di attrazione del sole e della luna, anziché sommarsi, si sottraggono. Le alte e le basse **maree di quadratura** sono le minori che si possano verificare.

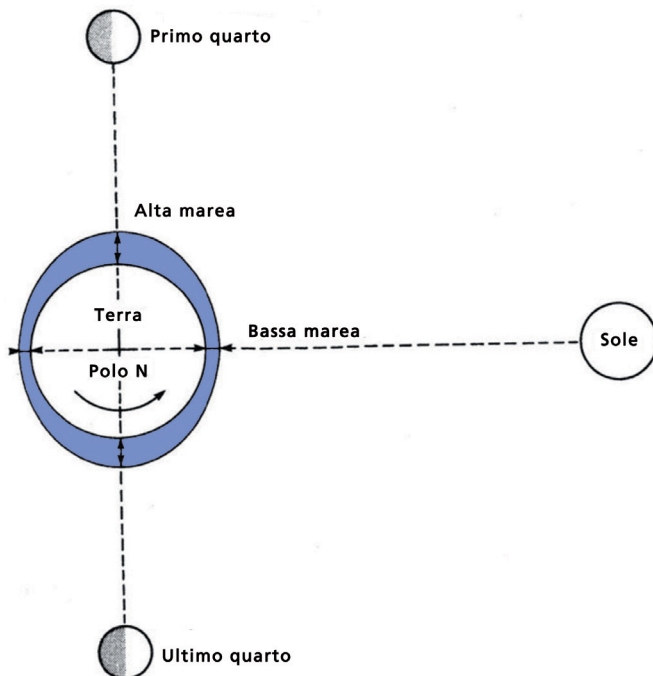


Figura 1.63.3 - Maree di quadratura

In conclusione, ogni 6 ore e 12 minuti si verificherà la seguente sequenza: uno spostamento d’acqua che crea alta marea, seguito da un deflusso d’acqua che porta alla bassa marea; in un giorno lunare di 24 ore e 50 minuti avremo due alte e due basse maree.

PRINCIPALI TERMINI E DEFINIZIONI			
Alta marea AM	Plein mer PM	High water HW	Hochwasser HW
Bassa marea BM	Basse mer BM	Low water LW	Niedrigwasser NW
Maree sizigie	Vive-eau VE	Spring tides	Spring
Maree quadrature	Morte-eau ME	Neap tides	Nipp
Livello medio	Niveau moyen	Mean level ML	Mittelwasser
AM delle sizigie medie	PM moyenne de VE	Mean HW spring	Mittleres spring
AM delle quadrature medie	PM moyenne de ME	Mean HW neaps	Mittleres nipp
AM media	PM moyenne	Mean HW	Mittleres HW
BM delle sizigie medie	BM moyenne de VE	Mean LW spring	Mittleres spring
BM delle quadrature medie	BM moyenne de ME	Mean LW neaps	Mittleres nipp
BM media	BM moyenne	Mean LW	Mittleres
BM minima	Plus basse mer connu	Lowest astronomical Tide	Niedrigstes spring
Zero idrografico	Zéro des cartes	Chart datum	Kartennull
Flusso di marea	Flot	Rise	Tidensieg
Riflusso di marea	Jusant	Fall	Tiedenfall
Durata media di flusso	Durée moyenne du flou	Duration of mean rise	Mittlere Steigdauer
Differenza di altezza	Différence de hauteur	Height difference	Tidenhub
Piede, piedi	Pied, pieds	Foot, feet	Fuss
Ora	Heure	Time	Zeit
Ora di Greenwich UTC	Temps Universel UTC	Greenwich mean time UTC	Mittlere Greenwich time UTC

**Previsione della marea**

Il fenomeno della marea è influenzato in maniera rilevante da condizioni topografiche locali, e la previsione può essere fatta solo mediante osservazioni effettuate in loco, per un periodo sufficientemente lungo, mediante semplici aste mareometriche o con l’impiego di mareografi. In genere un anno di osservazione è da considerarsi il minimo indispensabile per avere dati sufficientemente affidabili per *porti principali e porti campione*.

Il metodo più pratico e sufficientemente preciso per determinare l’ora e l’altezza della marea è quello di utilizzare le *Tavole di marea* pubblicate annualmente dai diversi Istituti Idrografici. Queste tavole

forniscono, per ogni giorno dell'anno, l'ora e l'altezza prevista della marea per una serie di porti campione del mondo e, di seguito, la differenza di ora e di altezza per innumerevoli porti secondari.

Le tavole di marea pubblicate dal Servizio Idrografico inglese hanno una copertura mondiale, portano a ottimi risultati e si basano su un metodo messo a punto dall'Ammiragliato inglese (*Admiralty Tide and Tidal Stream Tables*). Per saperne di più sul metodo dell'Ammiragliato, la pubblicazione inglese è la NP 159.

### Calcolo dell'altezza del livello del mare col metodo dei dodicesimi

Questo metodo si basa sul presupposto che la curva di marea abbia carattere sinusoidale e cioè di tipo semidiurno (due AM e due BM nelle ventiquattro ore).

Si calcola l'ampiezza  $A$  della marea (differenza tra l'altezza della AM e della BM) e la durata  $B$  della marea (differenza tra le ore di AM e BM).

Dall'altezza prevista di AM si sottrae la quantità riportata dalla tabella sottostante:

1/12 A per un intervallo dall'AM	1/6 B
3/12 A	" 2/6 B
6/12 A	" 3/6 B
9/12 A	" 4/6 B
11/12 A	" 5/6 B
12/12 A	" 6/6 B

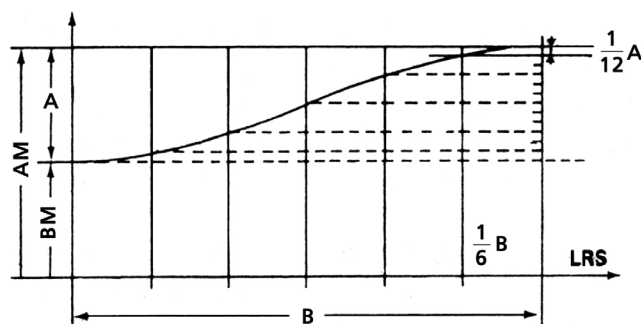


Figura 1.63.4 - Grafico dodicesimi

Nelle tavole dell'Ammiragliato inglese il problema si risolve con tabelle d'interpolazione di facile impiego.