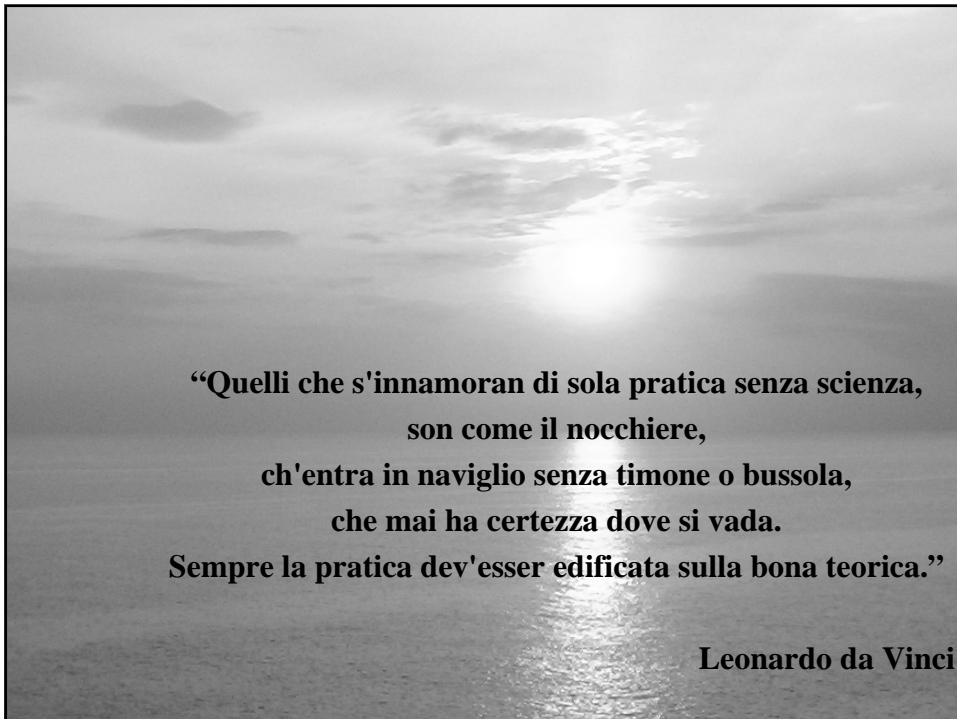
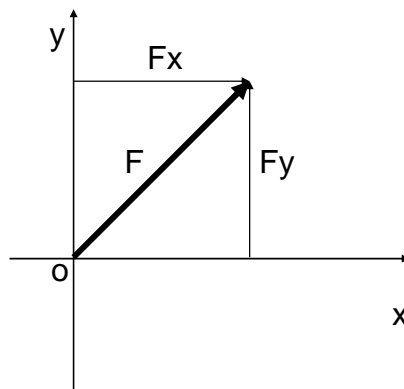


Università degli Studi di Bari

**Cenni di tecnica della  
navigazione a vela**



## Composizione di vettori



3/63



## Il legge di Newton

Il moto di un punto materiale  $P$  è tale che il prodotto della massa  $m$  del punto per la sua accelerazione  $a$  è uguale alla forza risultante  $F$  di tutte le azioni che agiscono sul punto

La forza è una grandezza vettoriale in grado di modificare lo stato di quiete o di moto di un punto:

$$F = ma$$

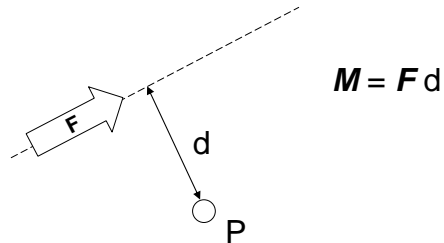
4/63



## Momento di una Forza

Il momento di una forza è una grandezza vettoriale il cui modulo, calcolato rispetto ad un punto (polo), è dato dal prodotto del modulo della forza per la distanza (braccio) fra la sua retta di azione ed il punto rispetto a cui il momento viene calcolato.

(Chiave inglese)



5/63



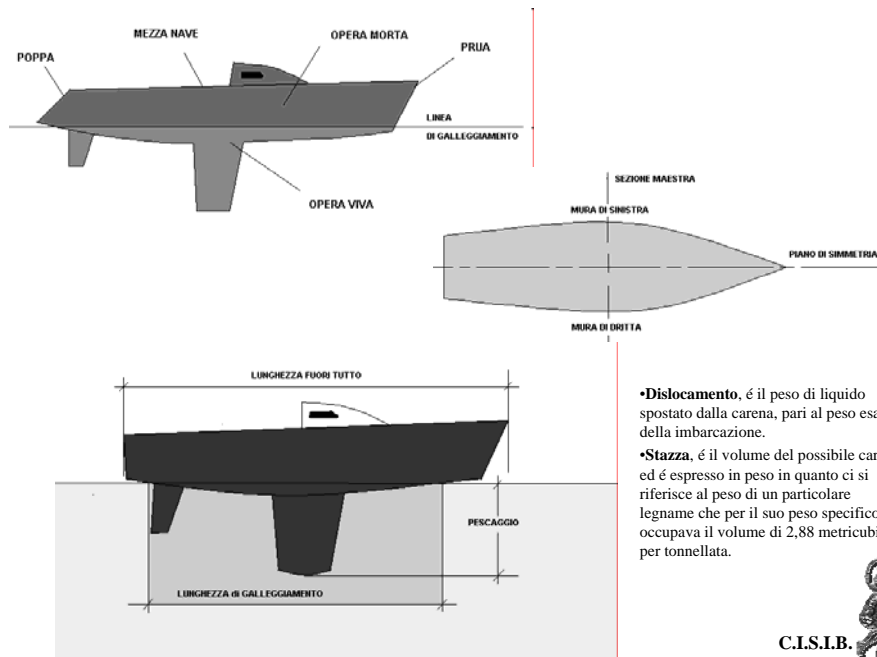
6/63



# Sommario

- La barca: il galleggiamento e l'equilibrio
- Le vele: perché si può andare controvento
- Le manovre: come si dirige la barca
- La navigazione: strumenti di bordo
- Alcune regole

7/63

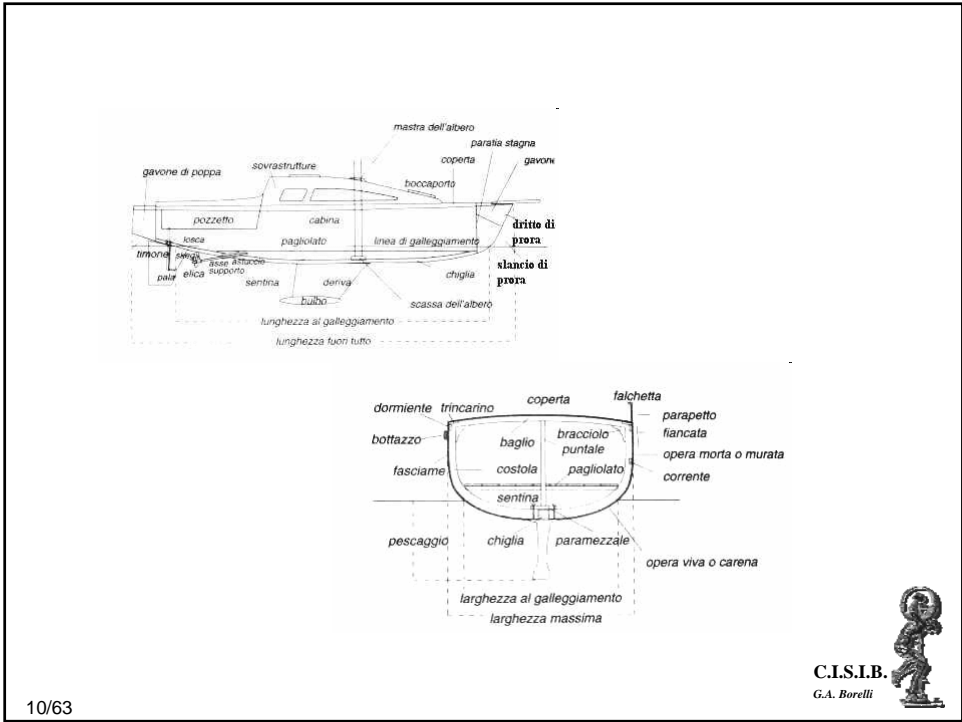
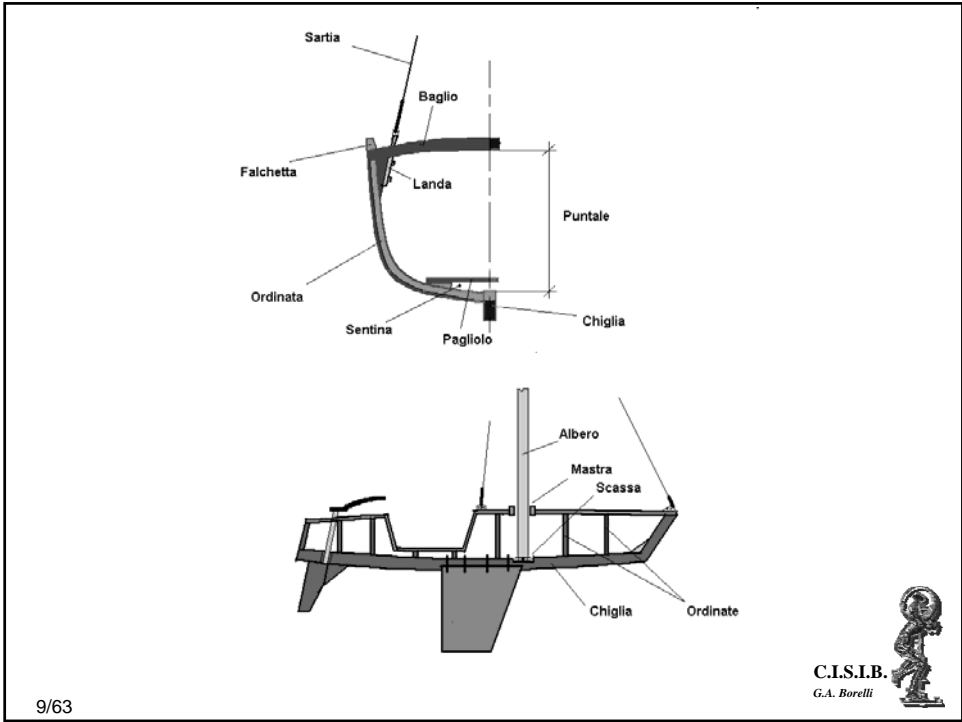


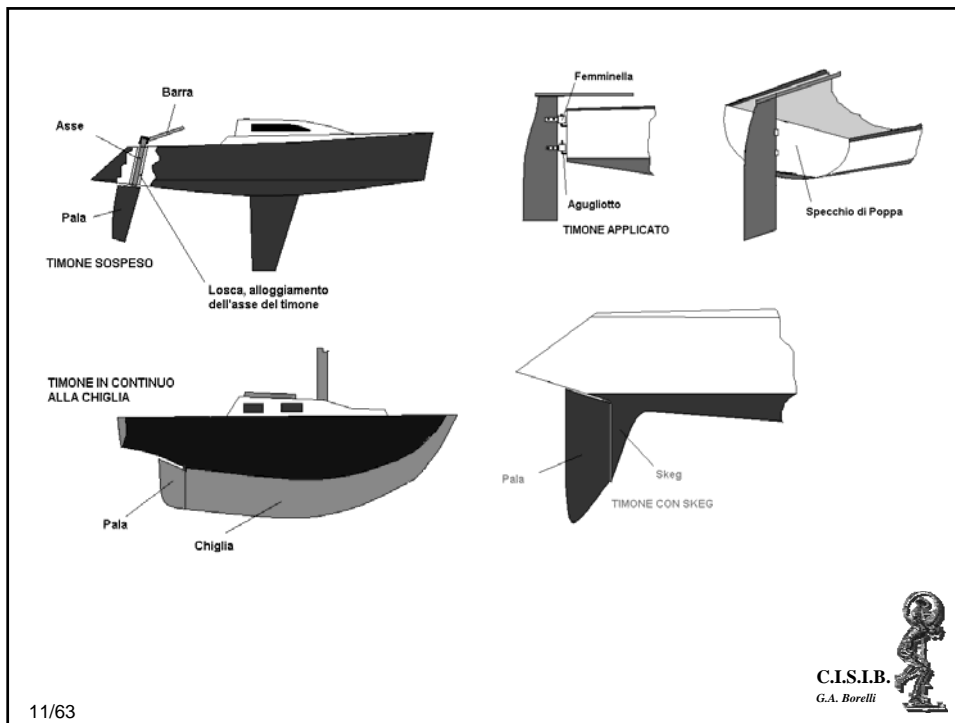
•**Dislocamento**, è il peso di liquido spostato dalla carena, pari al peso esatto della imbarcazione.

•**Stazza**, è il volume del possibile carico ed è espresso in peso in quanto ci si riferisce al peso di un particolare legname che per il suo peso specifico occupava il volume di 2,88 metricubi per tonnellata.

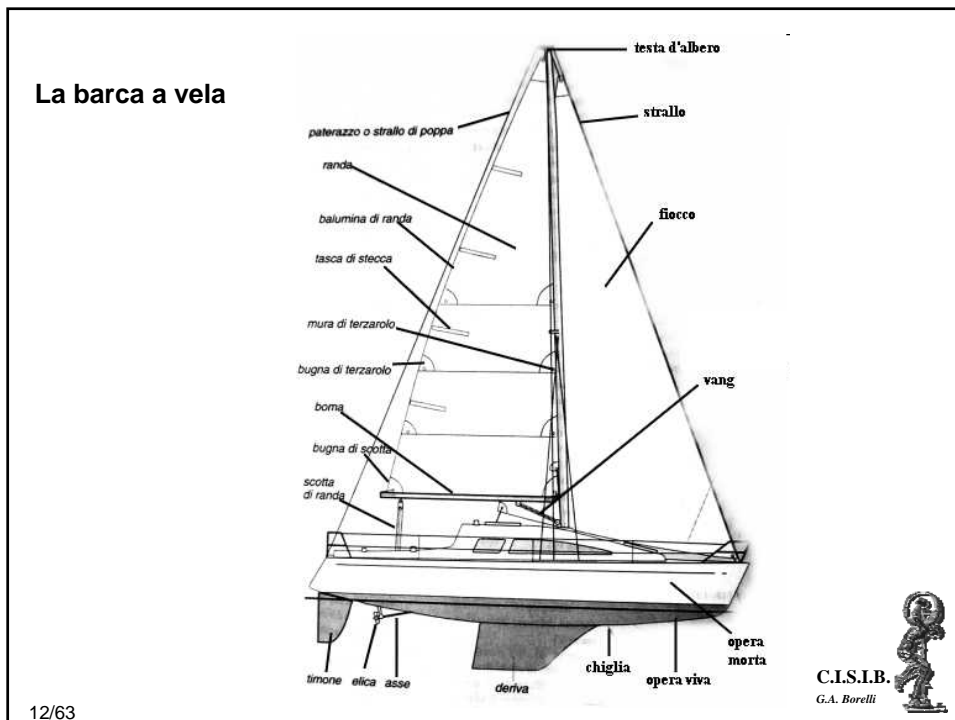
8/63





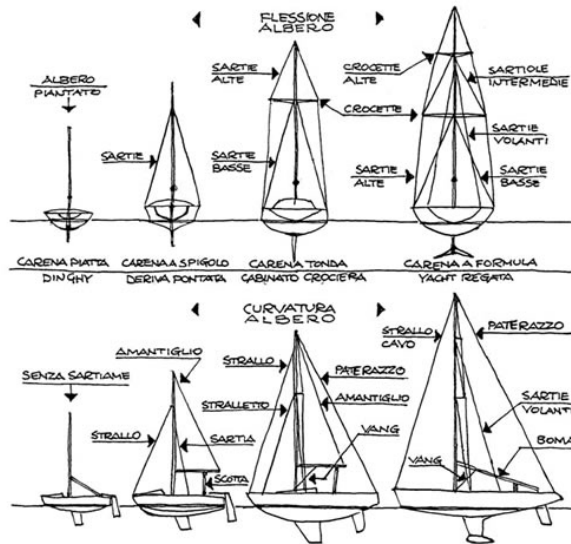


11/63



12/63

# Manovre fisse e correnti

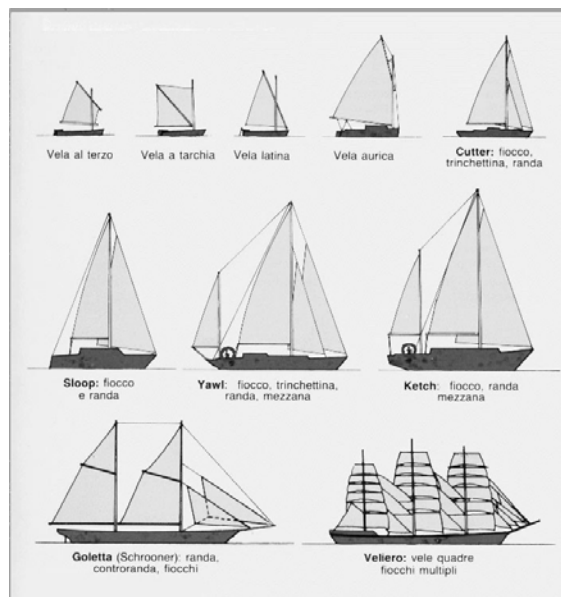


13/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



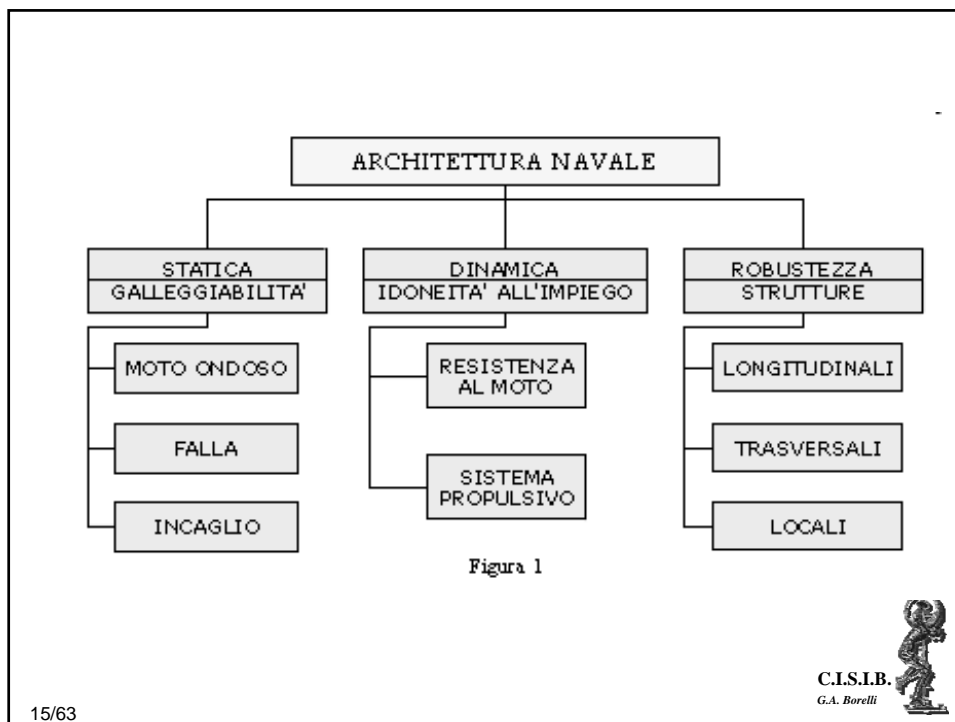
# Tipi di barche a vela



14/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli





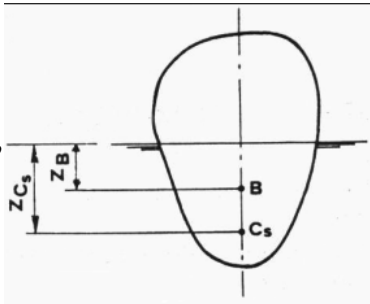
## Il galleggiamento 1/4


La legge fisica in base alla quale la barca galleggia è nota come “Principio di Archimede”:

*Un corpo immerso in un fluido (anche l'aria!) riceve una spinta dal basso verso l'alto, la cui intensità è pari al peso del volume di fluido spostato*

•Quindi un corpo immerso in un fluido è soggetto a due forze:

- la forza peso, che possiamo pensare applicata nel baricentro e diretta verso il basso
- la spinta del fluido, diretta verso l'alto ed applicata nel baricentro del volume di fluido spostato (centro di spinta)



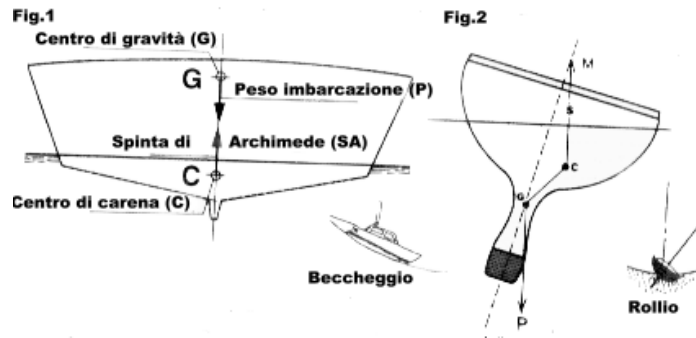
C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli 

16/63



# Il galleggiamento

4/4



*Si ha rollio quando lo scafo oscilla attorno al suo asse longitudinale,  
beccheggio quando oscilla attorno al suo asse verticale.*

17/63



# Il galleggiamento

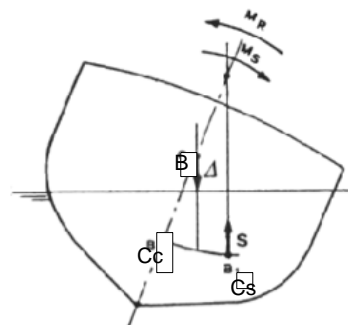
2/4

Per il galleggiamento sulla superficie di un fluido è necessario che la densità del corpo sia minore di quella del fluido stesso; ma, nel caso di una nave, noi vogliamo anche che stia dritta ed in equilibrio stabile.

Ad ogni causa sbandante la barca deve "reagire" tendendo a tornare nella posizione iniziale.

Come possiamo ottenere questo momento di stabilità ( $M_r$ ), che si oppone a quello di sbandamento ( $M_s$ )?

Nota: pensate all'equilibrio di una sedia!



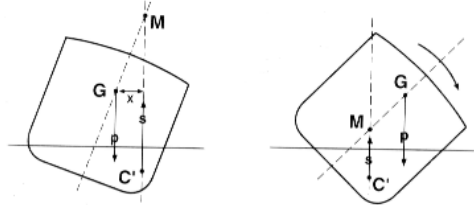
Inclinazione secondo l'asse longitudinale

18/63



# Il galleggiamento

4/4



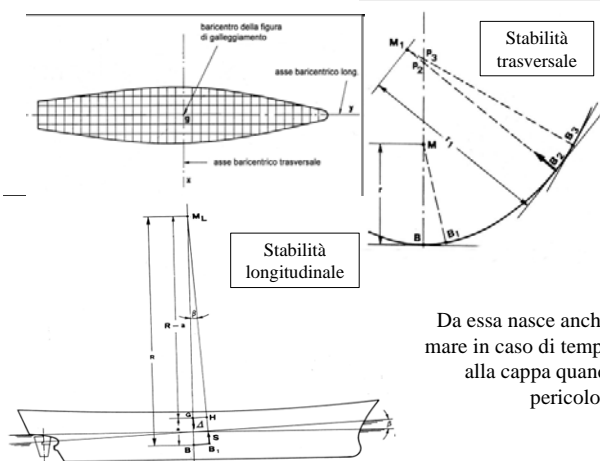
**Coppia raddrizzante:** sbandando il natante, e variando così la forma della parte di scafo immersa, il Centro di Carena  $C$  si sposterà in  $C'$  dando origine ad una nuova spinta verticale  $S$  innalzata da  $C'$ ; dall'azione della forza di peso  $P$  (sempre rivolta verso il basso) e di quella di spinta  $S$  (sempre rivolta verso l'alto) nasce la coppia di forze  $X$ , coppia di stabilità trasversale che tende a raddrizzare lo scafo, agendo fino a quando  $G$  e  $C$  non verranno a riposizionarsi sulla stessa verticale.

**Metacentro (M):** E' il punto d'intersezione della spinta verticale  $S$ , innalzata da  $C'$ , con il piano longitudinale di simmetria;  $M$  rappresenta il **limite di stabilità** della nave ed esso dovrà sempre sovrastare  $G$  per non invertire la tendenza della coppia di forze, ciò che comporterebbe un giramento in senso opposto, ossia una tendenza al rovesciamento dello scafo.

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



19/63



Stabilità  
trasversale

Si dimostra che  $R$  ha un valore molto maggiore di  $r$  (fino a due ordini di grandezza) sicché una volta calcolata e trovata soddisfacente la stabilità trasversale, la stabilità longitudinale viene data per acquisita

Stabilità  
longitudinale

Da essa nasce anche la pratica di mettere la prora al mare in caso di tempo cattivo; o addirittura di mettersi alla cappa quando la forza delle onde diventa pericolosa per la navigazione.

Per le imbarcazioni a vela, la pratica è quella di tenere una prora a circa  $40^\circ$  dalla provenienza di mare e vento, con a riva le vele da tempesta: all'albero unico o di maestra la randa di cappa e allo strallo basso (o unico) di prua il fiocco più piccolo, la tormentina. In condizioni meteo particolarmente severe i manuali suggeriscono di fuggire i marosi in poppa al giardinetto (aperti circa  $20^\circ$  dalla andatura in fil di ruota, cioè in poppa esatta), mantenendo issata solo la tormentina o addirittura ammainando tutte le vele (cappa secca).

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli

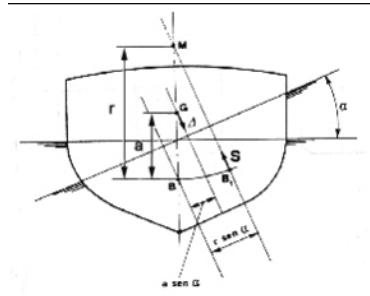


20/63



## stabilità di forma

Il valore di  $r$  è determinato dal rapporto fra  $I$ , momento di inerzia della figura di galleggiamento rispetto all'asse longitudinale della figura stessa, e  $V$ , volume di carena.



Poiché il valore di  $r$  è direttamente proporzionale al valore di  $I$ , una forma della superficie di galleggiamento LARGA porta ad un valore di  $r$  ELEVATO e quindi ad una coppia di stabilità MIGLIORE perché più grande.

21/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



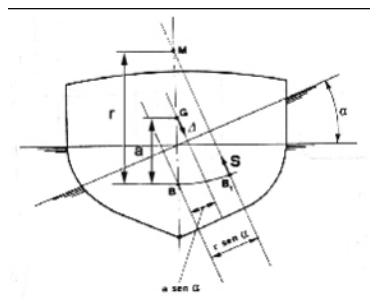
## stabilità di peso

Il termine " $a$ ", altezza del baricentro della nave sopra il centro di carena

$$M = D (r - a) \sin \alpha$$

è a detrazione del raggio metacentrico di carena. Vale a dire che esso tende a ridurre la stabilità della nave.

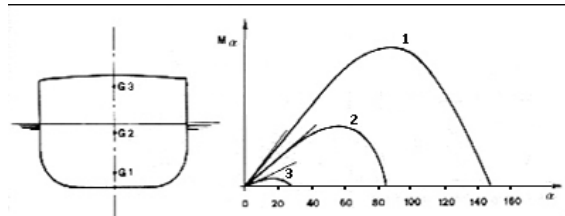
Ecco il motivo per il quale un baricentro BASSO, riducendo il termine  $a$ , aumenta il valore del momento o coppia di stabilità.



22/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli

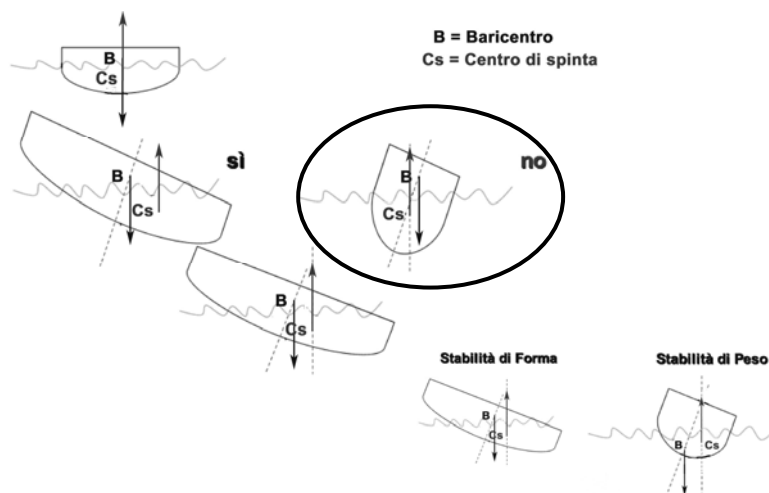




per migliorare la capacità della nave di opporsi all'effetto sbandante provocato dall'impatto del vento sulle vele, si usava (ed in alcuni casi si usa tuttora) collocare una certa quantità di pani di ghisa nella zona più bassa della nave: la sentina. In questo modo la coppia raddrizzante veniva molto aumentata per effetto dell'abbassamento del centro di gravità (baricentro) e della conseguente riduzione dell'altezza del baricentro stesso sul centro di carena

## Il galleggiamento

3/4



- **resistenza d'attrito, indicata con la sigla  $R_f$ .**

Rappresenta l'energia da spendere per vincere l'attrito generato dalla parte immersa dello scafo (opera viva o carena), scorrendo nell'acqua;

- **resistenza d'onda, indicata con la sigla  $R_w$ .**

Rappresenta l'energia da spendere per mettere in movimento le masse di acqua costituenti i "treni di onde" generati dal passaggio della nave;

25/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



- **resistenza dei vortici o di scia, indicata con la sigla  $R_v$ .**

Rappresenta l'energia da spendere per dare vita alla vorticosità creata nell'acqua, soprattutto dalle cosiddette "appendici di carena", costituite dalle eliche, dalle alette di rollio e via dicendo;

- **resistenza dell'aria, indicata con la sigla  $R_a$ .**

Rappresenta l'energia da spendere per vincere, come dice il nome, la resistenza opposta dall'atmosfera all'avanzamento della parte emersa dello scafo (opera morta) e delle sovrastrutture.

$$S = R_t = R_f + R_w + R_v + R_a$$

26/63

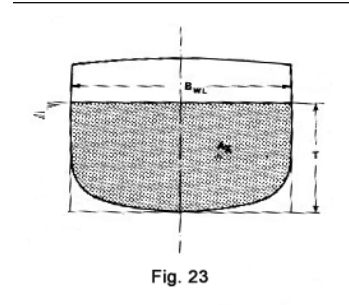
C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



**Coefficiente di finezza della sezione maestra, indicato con la sigla Cx.**

Esso rappresenta il rapporto fra l'area della parte immersa della sezione maestra ( $A_x$ ) ed il prodotto fra larghezza ( $B_{wl}$ ) ed immersione ( $T$ ) della sezione maestra stessa.

$$C_x = A_x / B_{wl} \times T$$



**Coefficiente di finezza al galleggiamento, indicato con la sigla Cwp.**

**Coefficiente di finezza del piano di deriva, indicata con la sigla Clp.**

**Coefficiente di finezza totale, indicato con la sigla Cb.**

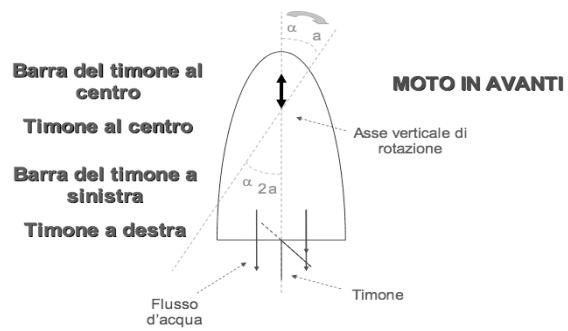
**Coefficiente di finezza longitudinale o prismatico, indicato con la sigla Cp.**

tutti questi coefficienti sono riferiti ad un determinato dislocamento, in quanto l'immersione, e di conseguenza lunghezza, larghezza, figura di galleggiamento, variano al variare del peso della nave.

In linea generale, quando non sia diversamente indicato, ci si riferisce al dislocamento "di progetto",

## Le manovre

1/2



Per manovrare, cioè indirizzare la barca nella direzione voluta, si usa il timone. Esso è una vela per l'acqua, posta a poppa della barca. La spinta dell'acqua sul timone genera una coppia intorno ad un asse verticale della barca (che passa per la deriva), facendola virare.

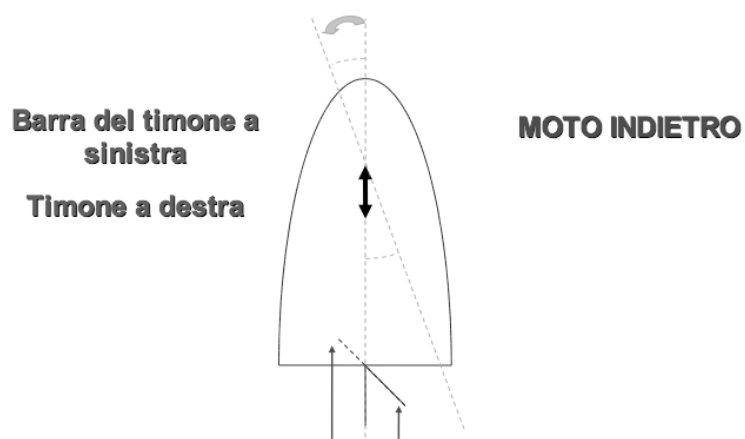
29/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



## Le manovre

2/2



30/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



## La vela

La **vela** è una superficie di tela o di sottile ma robusto materiale sintetico, di forma tale che utilizzando la forza del vento genera propulsione. Il suo funzionamento si basa sull'interazione fra il vento (e la sua direzione) e uno o più elementi fissi o mobili presenti sul mezzo di trasporto che fa uso di tale sistema di propulsione.



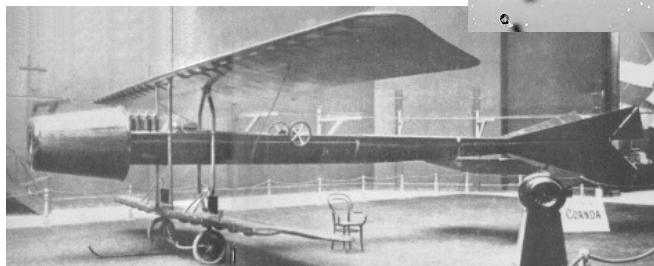
31/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



## Effetto Coanda

*The Coanda Effect has been discovered in 1930 by the Romanian aerodynamicist Henri-Marie Coanda (1885-1972). He has observed that a stream of air (or a other fluid) emerging from a nozzle tends to follow a nearby curved surface, if the curvature of the surface or angle the surface makes with the stream is not too sharp.*



32/63

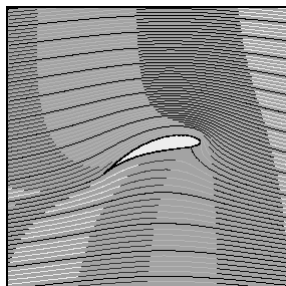
C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli





## Una conseguenza dell'effetto Coanda

portanza



Animazione estratta da  
[www.diam.unige.it/~irro/lecture.html](http://www.diam.unige.it/~irro/lecture.html)

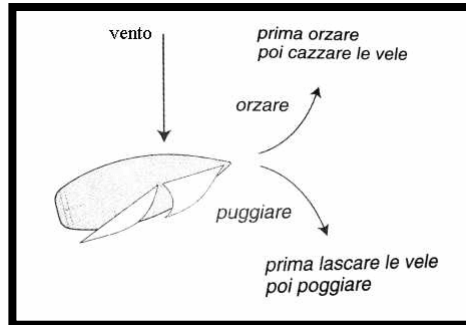
33/63



34/63



## La vela



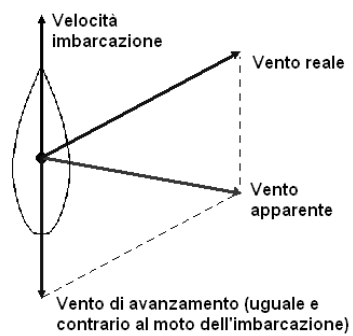
Una barca **straorza** o **strapuggia** quando orza o puggia in modo violento e incontrollato.  
La **straorzata** può avvenire sia navigando a risalire il vento per effetto di una improvvisa raffica, sia durante la navigazione con vento nei settori poppieri, per una raffica o per un effetto del rollio. La **strapuggia** può avvenire nell'andatura in poppa per effetto del rollio.

35/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



## Vento relativo



Effetto Venturi

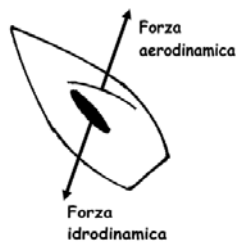


36/63

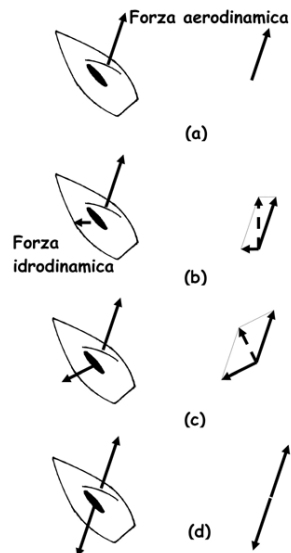
C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



## Le forze sull'imbarcazione



Sequenza di fenomeni che avvengono quando liberiamo dagli ormeggi una barca e la lasciamo partire a vela.

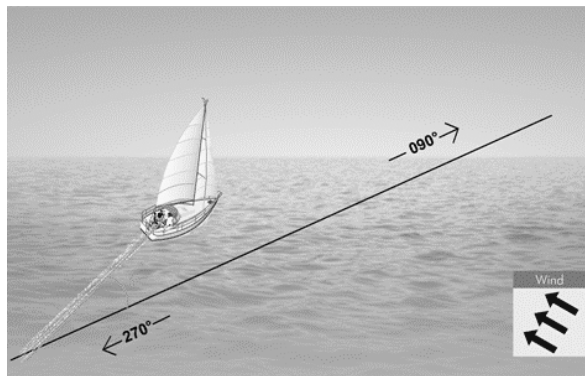


37/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



## Deriva e scarroccio



**La deriva** ( $L_d$ ) è l'angolo compreso fra la direzione che la nave segue sulla superficie del mare e la rotta vera. È dovuta all'azione della corrente.

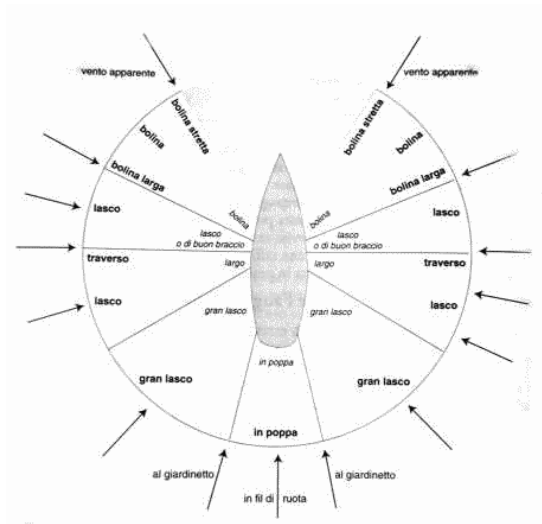
**Lo scarroccio** ( $L_{sc}$ ) è l'angolo compreso fra il piano longitudinale della nave e la direzione del suo moto sulla superficie del mare. È dovuto all'azione del vento e del mare.

38/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



## Le andature

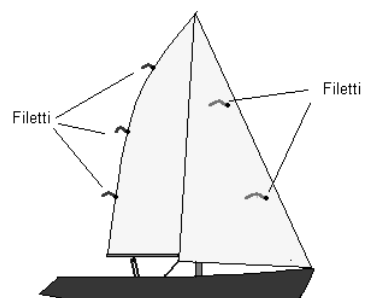


39/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



## Regolazione delle vele

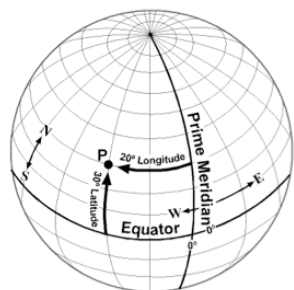


40/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



## La navigazione: coordinate e mappe

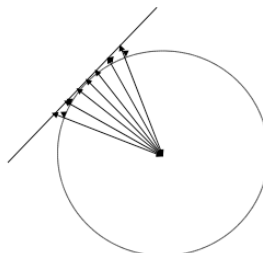


Tony Kirvan 11-8-97

### Cerchio massimo terrestre

- 40.000 km
- $360^\circ = 360^\circ \times 60' = 21.600'$
- 21600 miglia

### Proiezione gnomonica



Importante perché i meridiani sono rappresentati da rette parallele

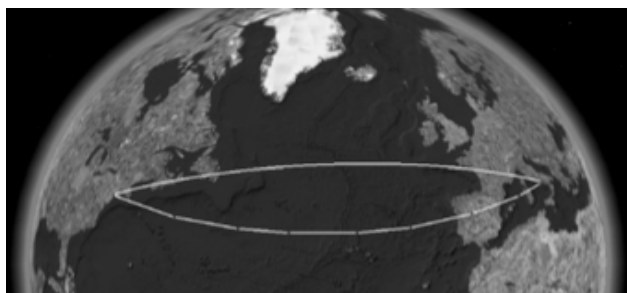
C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



41/63

## La navigazione: rotta e percorso

Quale "strada" seguire per andare da Napoli a NY, sapendo che sono sullo stesso parallelo ( $40^\circ 50'$ )?



Con rotta costante (lossodromica) verso est (lungo in  $41^\circ$  parallelo) è 4000 miglia, lungo il cerchio massimo (ortodromica) è 3820 !!!

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



42/63

# Strumenti

Per sapere dove siamo:

- Orologio (longitudine)
- Sestante (latitudine)
- GPS

Per decidere e seguire la rotta:

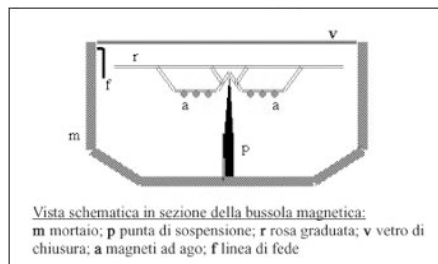
- Bussola e carte nautiche
- Anemometro
- Solcometro
- Barometro
- Radar
- ...

... e le dotazioni di sicurezza!

43/63



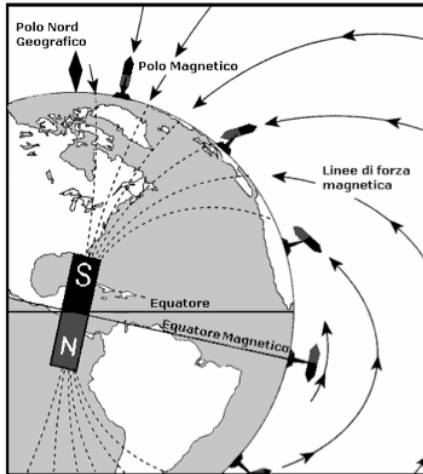
# La bussola magnetica



44/63



# Il magnetismo terrestre

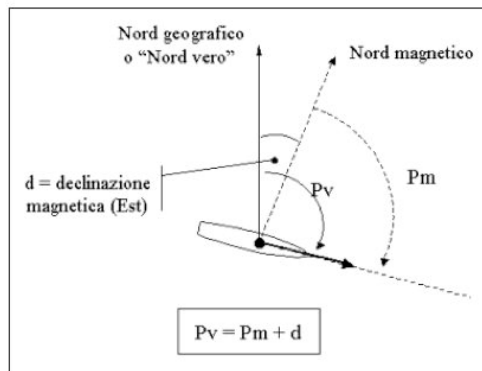
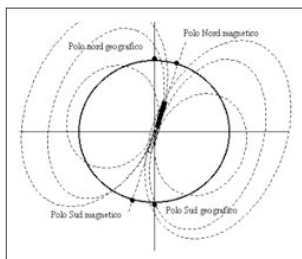


45/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



# Il magnetismo terrestre e la rotta

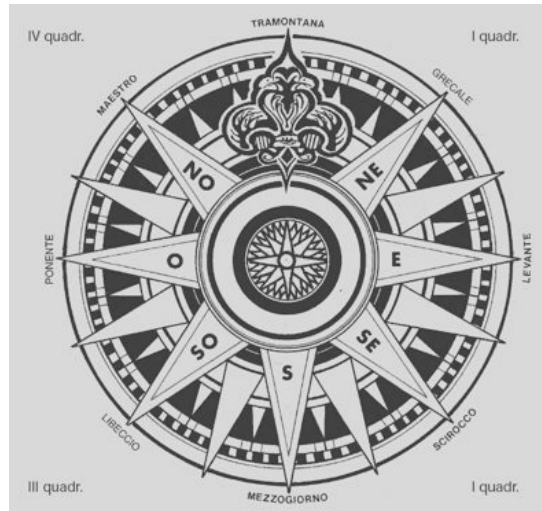


46/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



## La rosa dei venti



47/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



## Strumenti: solcometro

1 miglio nautico = 1,852 Km

1 nodo (miglia/hr) = 1,852 Km/hr = 0,51 m/s

Solcometro

Perché la velocità  
in mare si misura  
in nodi?

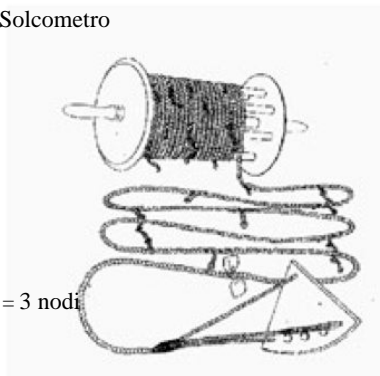
Es.:

D = 15,4 m

T = 30 s

N = 3

$V = (3600/1852) * 3 * 15,4/30 = 3$  nodi



48/63

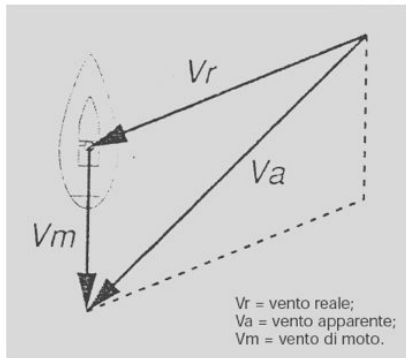
C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli





# L'anemometro

Quale vento si misura sulla barca?



C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



49/63

# Anemometri

- Misura dell'intensità ⇒ Anemometro
  - Misura della direzione ⇒ Anemoscopio
- Diversi tipi e diversi principi:



a 3 coppette



Combinato  
(elica paletta)



Sonico a 2 coord.

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



50/63

# Forza del vento

GRADO BEAUFORT	TERMINI DESCRITTIVI	VELOCITA' EQUIVALENTE IN *			GRADO DOUGLAS
		NODI	Km / h	m / sec	
0	Calma	< di 1	< di 1	< di 0,2	0
1	Bava di vento	1 - 3	1 - 5	0,3 - 1,5	1
2	Brezza leggera	4 - 6	6 - 11	1,6 - 3,3	2
3	Brezza tesa	7 - 10	12 - 19	3,4 - 5,4	2
4	Vento moderato	11 - 16	20 - 28	5,5 - 7,9	3
5	Vento teso	17 - 21	29 - 38	8,0 - 10,7	4
6	Vento fresco	22 - 27	39 - 49	10,8 - 13,8	5
7	Vento forte	28 - 33	50 - 61	13,9 - 17,1	6
8	Burrasca	34 - 40	62 - 74	17,2 - 20,7	7
9	Burrasca forte	41 - 47	75 - 88	20,8 - 24,4	7
10	Tempesta	48 - 55	89 - 102	24,5 - 28,4	8
11	Tempesta violenta	56 - 63	103 - 117	28,5 - 32,6	9
12	Uragano	64 - Oltre	118 e Oltre	32,7 e Oltre	9

\* Riferito ad un anemometro sito a 10 metri d'altezza sul livello del mare

51/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



Input Parameters	
Wind speed :	20.0 [m s <sup>-1</sup> ]
Fetch :	10.0 [km]
Water depth :	20.0 [m]
Calculated Values	
Wave height :	1.390141 [m]
Period :	3.876028 [s]

FORZA	DESCRIZIONE	ALTEZZA SIGNIFICATIVA ONDE
0	Calmo	-
1	Quasi calmo	0 - 0,04 m
2	Poco mosso	0,04 - 0,10 m
3	Mosso	0,50 - 0,80 m
4	Molto mosso	0,80 - 1,25 m
5	Agitato	1,25 - 1,80 m
6	Molto agitato	1,80 - 2,50 m
7	Grosso	2,50 - 3,20 m
8	Molto grosso	3,20 - 4 m
		4 - 5 m
		5 - 6 m
		6 - 7 m
		7 - 9 m
		9 - 14 m

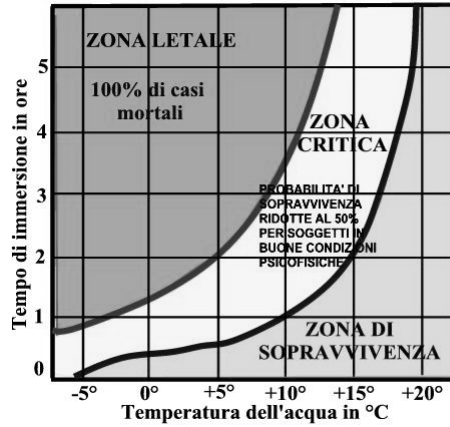
52/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



# Uomo in mare

## TEMPO DI SOPRAVVIVENZA IN ACQUA



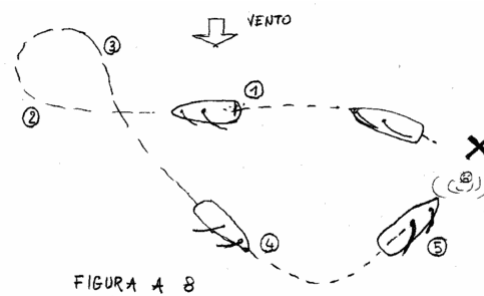
Villasmarina

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



53/63

# Uomo in mare: 8



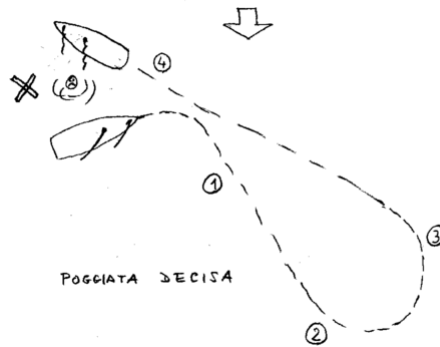
1. Portarsi al traverso
2. Allontanarsi di 3-4 lunghezze dall'UAM
3. Virare
4. Ritornare col vento al giardinetto
5. Puntare all'UAM di bolina

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



54/63

## Uomo in mare: poggiate decisa

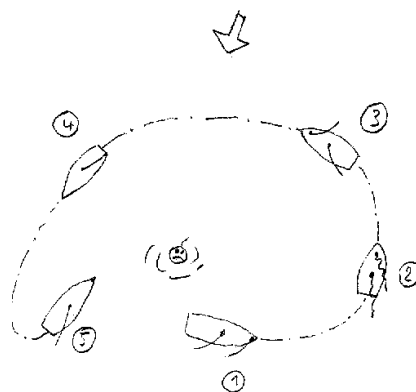


1. Poggiare portandosi con il vento 10-20° a poppavia del traverso
2. Allontanarsi di 3-4 lunghezze dall'UAM
3. Virare
4. Puntare all'UAM di bolina

55/63



## Uomo in mare: quick stop



1. Uomo a mare
2. Si va all'orza
3. Si vira lasciando il fiocco al collo
4. Si stramba
5. Si ritorna all'orza portandosi sopravvento al naufrago

56/63





# Luci di navigazione

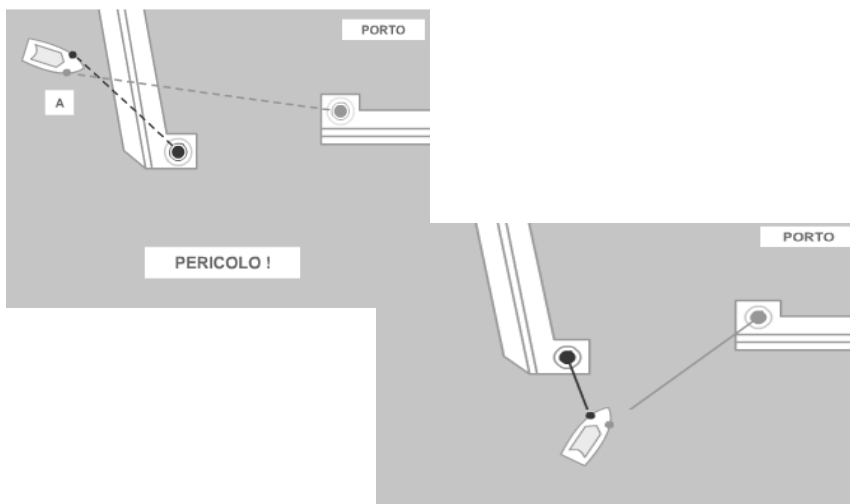
<p><b>Piccole imbarcazioni fino a 7 m di lunghezza con velocità max fino a 7 nodi</b></p> <p>Fanale di fonda bianco</p>		<p><b>Imbarcazioni a motore inferiori a 12m.</b></p> <p>Fanale testa d'albero - montaggio verticale Fanale di poppa bianco Fanale rosso Baborde Fanale verde Tribordo</p>	
<p><b>Imbarcazioni a motore inferiori a 12 m di lunghezza quando fanale di testa d'albero e poppa non possono essere montati</b></p> <p>Fanale di fonda bianco Fanale rosso Baborde Fanale verde Tribordo</p>		<p><b>Imbarcazioni a motore da 12 a 20 m di lunghezza</b></p> <p>Fanale di fonda bianco Fanale rosso Baborde Fanale verde Tribordo</p>	
<p><b>Imbarcazioni a vela fino a 20 m di lunghezza</b></p> <p>Fanale combinato trico-</p> <p>Fanale di poppa bianco Fanale rosso Baborde Fanale verde Tribordo</p>		<p><b>Imbarcazioni a vela oltre 20 m di lunghezza</b></p> <p>Fanale di fonda verde Fanale di fonda rosso Fanale di poppa bianco Fanale rosso Baborde Fanale verde Tribordo</p>	
<p><b>Imbarcazioni a motore e a vela fino a 12 m di lunghezza, all'ancora, al moto o in secco.</b></p> <p>2 Fanali circolari rossi - montaggio verticale uno sopra l'altro</p>		<p><b>Imbarcazioni a vela o a motore oltre i 20 m di lunghezza con scarsa manovrabilità</b></p> <p>2 Fanali circolari rossi - montaggio verticale uno sopra l'altro</p>	
<p><b>Imbarcazioni oltre i 12 m, con manovrabilità impedita</b></p> <p>2 Fanali di fonda rossi - montaggio verticale</p>		<p><b>Imbarcazioni a vela o a motore oltre i 12 m di lunghezza con scarsa manovrabilità</b></p> <p>2 Fanali di fonda rossi - montaggio verticale</p>	

59/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



# Ingresso in porto



60/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



## Abbordi in mare

### REGOLE PER I VELIERI

Quando una nave che procede solamente per effetto del vento - senza avere l'eventuale motore ausiliario o principale in moto e il propulsore ingranato - avvista un'altra nave su rilevamento costante mentre la distanza diminuisce, si comporta come segue: Lui è una nave a motore - Di massima noi abbiamo la precedenza, a meno che:

- 1) lui abbia limitazioni di manovra o abbia in corso azioni particolari e mostri i relativi segnali o fanali;
- 2) lui venga raggiunto nel settore del suo fanale di coronamento;
- 3) lui abbia impedimento nella manovra per cause nautiche (per esempio, non possa manovrare liberamente a causa di pericoli nei pressi) o normative (per esempio precedenza per alcuni tipi di navi in certe zone)

Lui è un altro veliero - Le regole sono due (ricordando che il lato di mura è quello su cui batte il vento, ossia è il lato sopravvento della barca):

- 1) Se noi e lui abbiamo mure differenti, ha la precedenza chi ha le mure a dritta
- 2) Se noi e lui abbiamo le stesse mure, ha la precedenza chi stringe il vento, vale a dire chi è sottovento all'altro.

61/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli



## Abbordi in mare

Tra una barca raggiungente (a vela o a motore) e una barca raggiunta (anche lei a vela o a motore), è la barca raggiungente che deve manovrare. Questa regola prevale sulle prime due, quelle cioè relative al vento. Infine tra una barca a vela e una a motore, che navigano in rotta di collisione, è la barca a motore che deve manovrare. Queste regole per evitare gli abbordi vanno intese come doveri e non come diritti:

Esistono altre particolari regole di precedenza: all'imbocco dei porti, dove chi entra deve lasciare acqua a chi esce; sui fiumi, dove chi naviga contro corrente deve manovrare per evitare l'abbordo con chi è in favore di corrente; per le imbarcazioni con difficoltà di manovra (es: pescherecci, rimorchiatori, posacavi) che in generale hanno il diritto di precedenza.

62/63

C.I.S.I.B.  
G.A. Borelli





**... il resto in barca !**