

Istituto Tecnico Nautico “F. Rotundi”  
Manfredonia (FG)

Dispense del corso di  
SCIENZE E TECNOLOGIE APPLICATE

PARTE II: Elementi di tecnica marinara



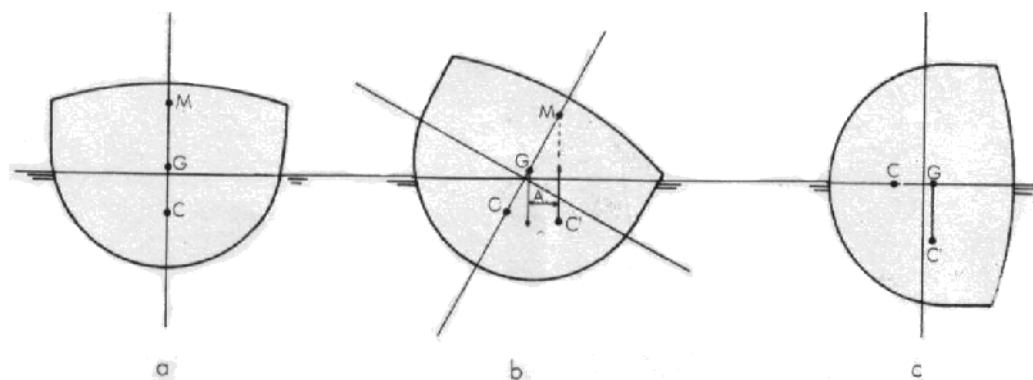
**A.S. 2012-13**

**A cura del  
Prof. Alfredo De Luca**

## MODULO 1 STRUTTURA DELLA NAVE

### UNITÀ DIDATTICA 1: Principio d'Archimede e qualità delle imbarcazioni

Prima di addentrarci nello studio della Tecnica Marinaresca cominciamo col ricordare il "Principio d'Archimede": "un corpo immerso in un liquido riceve una spinta, dal basso verso l'alto, pari al peso del volume del liquido spostato". Ciò significa che se immergo in acqua un cubetto di ferro di una certa massa questo affonderà perché il suo peso supera il peso dell'acqua spostata dal suo volume. Se si sagoma il ferro in modo da aumentarne notevolmente il volume, il peso dell'acqua spostata



sarà maggiore di quello del pezzo di ferro e ne consentirà il galleggiamento. Difatti ogni corpo immerso in un liquido è soggetto all'azione di due forze opposte: la gravità, la quale tende a farlo affondare, e la

Figura 1: a)

b)

c)

spinta del liquido, che tende a farlo emergere con una forza uguale al peso del liquido spostato dal corpo. Il peso di quest'ultimo è quindi annullato totalmente o in parte da questa spinta.

Ricordiamo che una forza agisce su di un corpo in un punto preciso chiamato centro di gravità o baricentro. La fig. 1 rappresenta un galleggiante visto in sezione, nella posizione di equilibrio e successivamente in posizione di sbandamento. In figura, G rappresenta il centro di gravità nel quale risulta applicata la risultante della somma di tutti i pesi che compongono lo scafo; tale forza G agisce verticalmente e verso il basso. Con C indichiamo il centro di carena (parte immersa dello scafo), cioè il centro geometrico del volume immerso dello scafo, al quale s'immagina applicata la somma delle spinte che, per il principio d'Archimede, agiscono verso l'alto equilibrando la forza G. Risulta quindi che le due risultanti G e C sono eguali e contrarie.

Quando lo scafo sbanda (fig. 1b) il centro di carena si sposta e ciò è naturale in quanto è cambiata la forma della carena, e quindi il suo centro C. Chiamiamo C' il nuovo centro di carena. Naturalmente la posizione di G è rimasta immutata perché è immutato lo scafo; essa premerà sempre verticalmente verso il basso, mentre l'acqua preme in alto nel punto C'.

Tali forze generano una coppia di braccio A, che tende a far riprendere allo scafo la posizione originaria, cioè quella orizzontale.

Chiamiamo metacentro M il punto in cui la spinta passante per C' interseca la congiungente CG a nave dritta. La distanza GM è l'altezza metacentrica.

Se continuiamo ad aumentare l'angolo di sbandamento, osserveremo che quando G e C' stanno sulla stessa verticale (fig. 1c) non esiste più l'altezza metacentrica e non vi è più coppia raddrizzante in quanto è nullo il braccio A. In tale posizione lo scafo può rovesciarsi o raddrizzarsi indifferentemente. È chiaro che, se lo scafo raggiungerà tale posizione con un minimo di moto residuo, questo provocherà il suo capovolgimento. L'altezza metacentrica GM rappresenta il parametro della stabilità trasversale che può essere positiva (nave stabile), nulla (nave in equilibrio indifferente), negativa (nave instabile) a seconda che G cada sotto M, che coincida con M o che cada sopra M. Esistono due tipi di stabilità, quella di peso e quella di forma. La prima è quella che si realizza, in maniera pronunciata, nelle imbarcazioni a vela con deriva zavorrata, mentre la seconda è quella tipica dei multiscafi.

Prima di progredire nel nostro studio, diamo le definizioni di:

**Nave** - Costruzione galleggiante di grandi dimensioni, dotata di mezzi propri di propulsione, attrezzata allo scopo di trasportare merci e persone attraverso il mare in viaggi più o meno lunghi. La loro spinta propulsiva può essere meccanica (generata da apparati motore) o eolica (generata dalla forza del vento).

**Imbarcazione** - Piccola costruzione galleggiante utilizzata principalmente per piccoli traffici, pesca costiera, lavori portuali, sport nautici, come mezzo di salvataggio a bordo delle navi. La loro spinta propulsiva può essere meccanica, eolica o umana (remi od altri congegni che sfruttano la forza muscolare dell'uomo).

**Galleggianti** - Indichiamo con questo nome tutte quelle costruzioni navali che, per la loro particolare costruzione e per il loro specifico impiego, non possono essere considerati né navi né, tanto meno, imbarcazioni. Queste servono a rendere più agevole il traffico nei porti, sia direttamente come le chiatte, i pontoni o, indirettamente, come le draghe, le gru galleggianti, ecc. Una nave ed una imbarcazione, per essere definite tali, debbono avere le seguenti qualità:

**Galleggiabilità** - Grazie a tale qualità la nave reagisce a quelle forze che tendono a farla sommergere, come ad esempio colpi di mare, peso d'acqua imbarcata, ecc.

**Impermeabilità** - Tale caratteristica rende la nave assolutamente stagna impedendo quindi all'acqua in cui galleggia di penetrare al suo interno.

**Navigabilità** - È l'attitudine a compiere, in condizioni di sufficiente sicurezza, brevi o lunghi tratti di mare.

**Solidità** - È la qualità che garantisce alla nave una giusta robustezza per poter far fronte agli sforzi cui è sottoposta navigando a pieno carico e con mare mosso.

**Manovrabilità** - La manovrabilità consiste nel poter evolvere (girare) rapidamente ed in uno specchio d'acqua relativamente ristretto, sotto l'azione dei propri mezzi di governo (timone, eliche, ecc.).

**Stabilità** - In base a tale caratteristica la nave tende a riprendere la posizione di equilibrio iniziale, quando per una causa qualunque ne venga allontanata.

**Velocità** - È l'attitudine a compiere spazi lunghi in tempi relativamente brevi. Comportamento al rollio - Per mezzo di tale qualità, quando nella nave si determina un movimento oscillatorio (rollio), questo possiede caratteristiche di regolarità e tende ad estinguersi prontamente.

**Stabilità di rotta** — È la caratteristica secondo la quale una nave tende a conservare la direzione assunta, senza la necessità di frequenti interventi del timoniere.

## UNITÀ DIDATTICA 2: Elementi geometrici, parti e movimenti dello scafo

Lo scafo, essendo un corpo solido, possiede un baricentro o centro di gravità, per il quale possiamo immaginare che passino tre assi tra loro perpendicolari. Chiameremo asse longitudinale

x (fig. 2) l'asse che corre orizzontalmente congiungendo la prua con la poppa. L'asse trasversale y è l'asse che, sempre orizzontalmente, va dalla murata di dritta alla murata di sinistra. L'asse verticale z è quell'asse che corre in senso verticale perpendicolarmente ai precedenti due assi. Questi assi danno origine a tre piani: piano longitudinale (a), piano trasversale (p), piano orizzontale (y). Più precisamente gli assi verticali e longitudinali danno origine al piano longitudinale, che divide lo scafo in due parti simmetriche; gli assi trasversali e verticali originano il piano

trasversale che, se condotto nel punto ove la larghezza della nave è massima, è detto sezione maestra; infine, gli assi longitudinale e trasversale originano il piano orizzontale. Quando

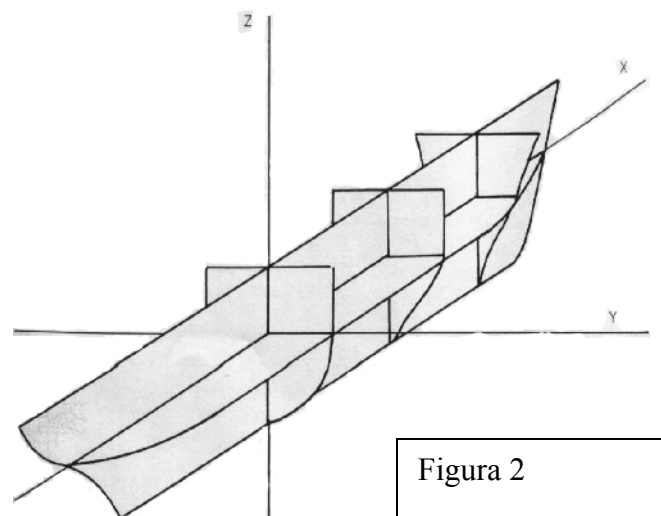


Figura 2

quest'ultimo coincide con la linea di galleggiamento prende il nome di piano di galleggiamento. Lo scafo è la parte principale della nave, la parte cava (il guscio della nave) formata dall'ossatura, che ne costituisce lo scheletro, e dal fasciame che lo riveste esternamente rendendolo impermeabile. Lo scafo non ha una forma geometrica regolare, ma possiede la caratteristica di essere simmetrico

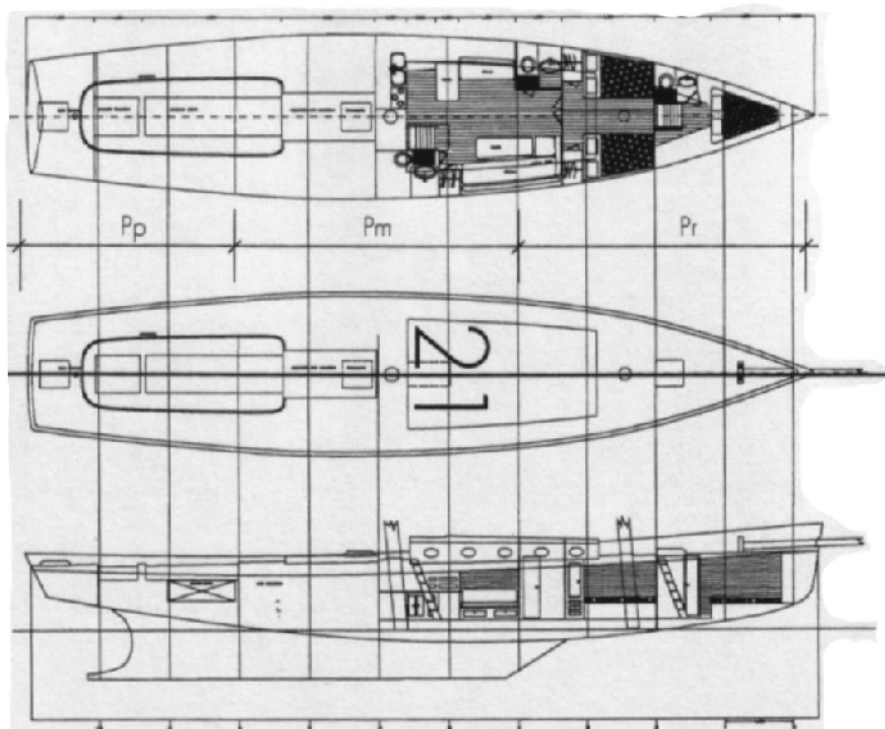


Figura 3: 1 - parte dritta, 2 - parte sinistra, Pp - parte poppiera, Pm - parte maestra, Pr - parte prodiera

rispetto ad un piano longitudinale. La forma della sua parte immersa è assai simile a quella di un pesce e questo allo scopo di ridurre al minimo la resistenza al moto.

Le parti principali dello scafo sono:

*Prua o prora* - È la parte anteriore dello scafo avente forma cuneiforme con superfici laterali più o meno concave allo scopo di incontrare una minore resistenza al moto.

*Poppa* - È la parte posteriore dello scafo; essa generalmente è tondeggiante o piana nella parte superiore, mentre nella parte bassa presenta anche essa una forma cuneiforme, come la prua, onde consentire

all'acqua che scorre lungo lo scafo di defluire a poppa senza creare vortici che risulterebbero dannosi al moto della nave, rallentandola ed ostacolando l'effetto evolutivo del timone. A seconda della forma la poppa può essere: quadra, tonda o ad incrociatore ellittica.

*Specchio di poppa* - È la superficie superiore rotondeggiante, nelle poppe tipo incrociatore ed ellittiche, o la superficie piana e verticale delle poppe quadre, sulla quale normalmente viene apposto il nome della nave ed il suo compartimento d'iscrizione. L'orlo superiore dello specchio è detto *coronamento*.

*Volta di poppa* - È la parte della poppa che resta al di sotto dello specchio. Al centro di essa è praticata un'apertura cilindrica detta *losca*, attraverso la quale passa l'asta del timone.

*Parte maestra* - È la parte centrale pressoché cilindrica dello scafo compresa tra la prua e la poppa (fig. 3).

*Linea di galleggiamento* - Non è altro che la intersezione della superficie dell'acqua, supposta perfettamente calma, con lo scafo. La linea separa lo scafo nel senso verticale, in due parti: *l'opera viva o carena* e *l'opera morta o murata* (fig. 4).

*Opera viva o carena* - È la parte principale dello scafo, trovandosi immersa nell'acqua; essa si trova al di sotto della linea di galleggiamento.

*Opera morta o murata* Al contrario dell'opera viva questa è la parte emersa dello scafo, meno vitale dell'opera viva, da cui i nomi (fig. 4).

*Bagnasciuga* - È la parte esterna dello scafo compresa tra la linea di galleggiamento a nave scarica e la linea di galleggiamento corrispondente a nave carica (fig. 4).

*Parti stellate* - Sono così chiamate quelle parti della estrema prua e della estrema poppa, che lasciando la parte maestra pressoché cilindrica, divengono più sottili verso il basso e verso prua o

verso poppa. Le parti stellate di prua vengono chiamate *mure* o *masconi* mentre quelle di poppa sono dette *anche* o *giardinetti*. Fanno parte della fraseologia marinaiasca le espressioni: *mare al mascone* e *mare al giardinetto* per indicare che si sta navigando con moto ondoso proveniente rispettivamente al mascone o al giardinetto della nave. Mentre se le onde vengono di prua si dice che si sta navigando con *mare di prua*.

*Parte dritta e parte sinistra* - Sono le parti corrispondenti, rispettivamente, alla destra ed alla sinistra di un osservatore che situato a poppa guardi verso prua (fig. 3). Sono francesismi caduti in disuso i termini *tribordo* e *babordo* che indicavano rispettivamente la dritta e la sinistra.

Una nave che galleggia si trova in equilibrio sulla superficie immobile del mare, se non intervengono forze perturbatrici di tale equilibrio, la nave non presenterà nessun movimento e il suo piano orizzontale si manterrà pressoché parallelo alla superficie del mare. Ciò avviene raramente in quanto la nave, essendo destinata a navigare, non si troverà mai nelle condizioni di equilibrio suddette, infatti il vento, il mare e lo stesso propulsore provocano dei movimenti oscillatori che ora esamineremo.

*Movimento di rollio*: tale movimento consiste in una rotazione della nave attorno all'asse longitudinale, che inclinerà, alternativamente, ora la dritta ora la sinistra; questo uno dei movimenti più fastidiosi a bordo delle navi.

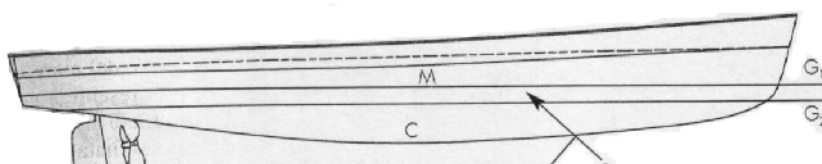


Figura 4: C – Carena, B – Bagnasciuga, G<sub>1</sub> – Linea di galleggiamento a nave carica, G<sub>2</sub> – linea di galleggiamento a nave scarica

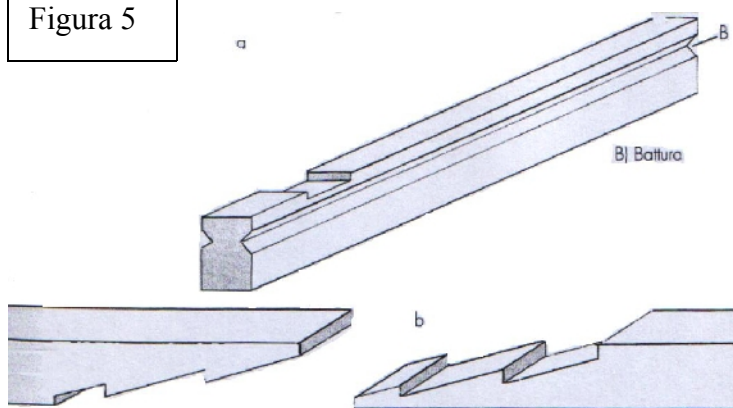
*Movimento di beccheggio*:

consiste in una rotazione che

la nave compie attorno al suo asse trasversale, immergendo alternativamente ora la prua ora la poppa. *Movimento di accostata*: è la rotazione che la nave compie attorno ad un asse verticale, volgendo la prua da un lato e, conseguentemente, la poppa dal lato opposto. Tale movimento è causato, generalmente, dall'azione del timone o dall'effetto del vento sulle vele o anche dall'elica. *Movimento di guizzata*: consiste in piccole e rapide oscillazioni a dritta e a sinistra attorno ad un asse verticale. *Movimento sussultorio*: consiste in uno spostamento lungo l'asse verticale della nave, che si solleva e si abbassa rispetto al fondo del mare.

Tali movimenti spesso agiscono simultaneamente sullo scafo, specie quando si naviga con mare grosso.

Figura 5



### Unità didattica 3 Struttura dello scafo

#### Scafo in legno

Lo scafo, come già detto, è costituito da un'ossatura e da un rivestimento esterno impermeabile all'acqua.

L'ossatura è composta essenzialmente dalle seguenti parti.

*Chiglia* - Consiste in una trave che corre sul fondo dello scafo in senso longitudinale; la chiglia presenta, sulle facce laterali, delle scanalature dette *batture* e praticate allo scopo di incastrarvi i primi corsi del fasciame esterno. Se lo scafo è di grandi dimensioni, la chiglia sarà composta da più pezzi incastrati tra loro (figg. 5 a e b).

Spesso sulla faccia inferiore della chiglia viene fissato un altro pezzo avente la funzione di proteggerla da eventuali strisciamenti o urti, che prende il nome di *sotto-chiglia*.

*Costole o ordinate* - Sono le strutture trasversali che vengono incastrate sulla chiglia ad intervalli



regolari; essendo sagomate in modo particolare conferiscono la forma tipica allo scafo: in particolare, osserviamo che le costole della parte maestra hanno una forma simile ad una «U», mentre, man mano che si va verso prua e verso poppa, queste assumono una forma meno arrotondata, assomigliando ad una «V».

*Paramezzale* - È una trave longitudinale a sezione quadra o rettangolare, disposta parallelamente alla chiglia e al di sopra dei madieri allo scopo di conferire maggior robustezza longitudinale allo scafo e per stabilire un sicuro collegamento tra le costole e la chiglia. A prua e a poppa, dove il paramezzale cessa d'essere parallelo alla chiglia per sollevarsi verticalmente, prende il nome di *prestantino*.

*Piede della ruota di prua, ruota di prua* - Anteriormente alla chiglia è incastrato un pezzo curvo che s'innalza

verticalmente, detto piede della ruota di prua; subito dopo tale pezzo s'incontra la *ruota di prua* ed il *tagliamare*, che è la parte sottile che fende il mare aprendo un varco allo scafo che avanza.

*Dritto di poppa* - Pezzo verticale che viene incastrato nella arte poppiera della chiglia e al quale è incernierato il timone.

*Dritto dell'elica* - Pezzo simile al precedente, attraverso il quale passa l'albero porta elica nelle navi ad elica centrale.

*Gabbia dell'elica* - È lo spazio che si trova tra il dritto dell'elica ed il dritto del timone, dentro il quale ruota l'elica.

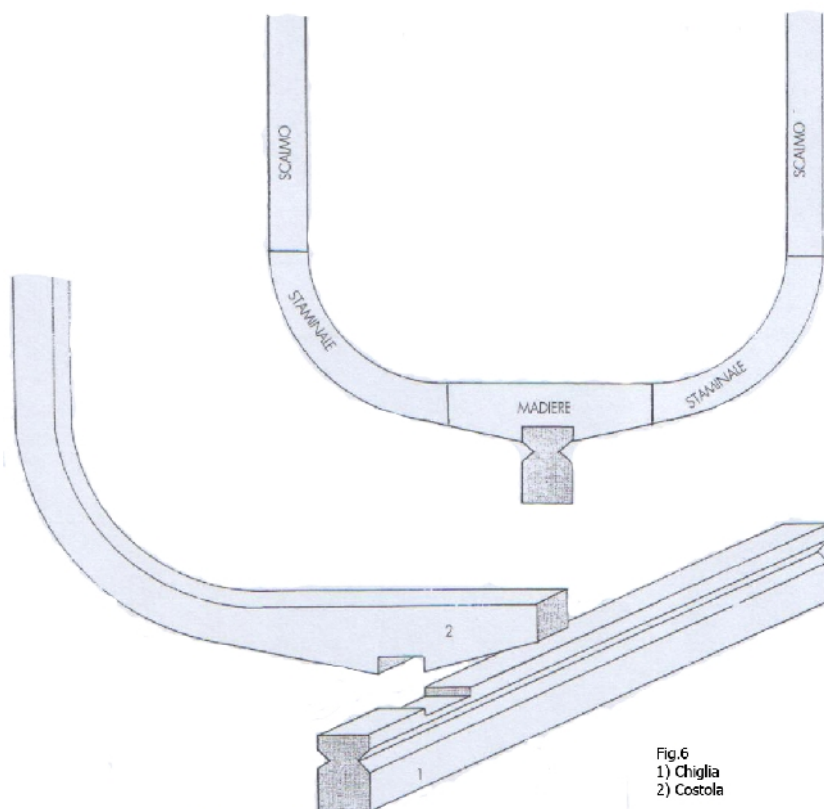
*Bagli* - Strutture trasversali costituite da travi aventi sezione rettangolare, leggermente arcuate in alto allo scopo di conferire una certa convessità al ponte per facilitare lo scolo dell'acqua a murata; tale convessità conferisce anche una maggiore robustezza al ponte e conseguentemente una maggiore robustezza trasversale allo scafo. Le due estremità del baglio si chiamano teste e poggiano sulle superfici interne delle costole.

*Fasciame esterno* - Il fasciame esterno costituisce il rivestimento esterno dello scafo ed è formato dai corsi di tavole disposte nel senso longitudinale, che dalle batture della chiglia si elevano fino all'orlo superiore dello scafo.

*Fasciame interno* - È costituito dal rivestimento interno dello scafo fissato sulla faccia interna delle costole; il fasciame interno prende il nome di *serrett*; le serrette mobili del fondo dello scafo costituiscono il *pagliolo*.

Naturalmente tutti i pezzi strutturali sopra descritti, oltre che incastrarsi tra loro, sono inchiodati e per tale operazione vengono adoperati chiodi di zinco o rame, onde evitare la formazione di ruggine; spesso, soprattutto nella carena, sono utilizzate delle caviglie di legno duro a guisa di chiodo.

*Calafataggio* - È l'operazione mediante la quale si rende impermeabile lo scafo e consiste nell'introdurre a forza negli spazi che restano tra i vari corsi di fasciame e le loro intestature (detti spazi sono chiamati *comenti*), della stoppa incatramata e nel rivestire esternamente lo scafo con sostanze particolari (pece, speciali colle marine, stucchi, ecc.).



Infine, per proteggere il legname da parassiti marini e per evitare o comunque ridurre al minimo le incrostazioni e la formazione di vegetazione che ostacolano il moto della nave, la carena viene verniciata con particolari vernici antivegetative.

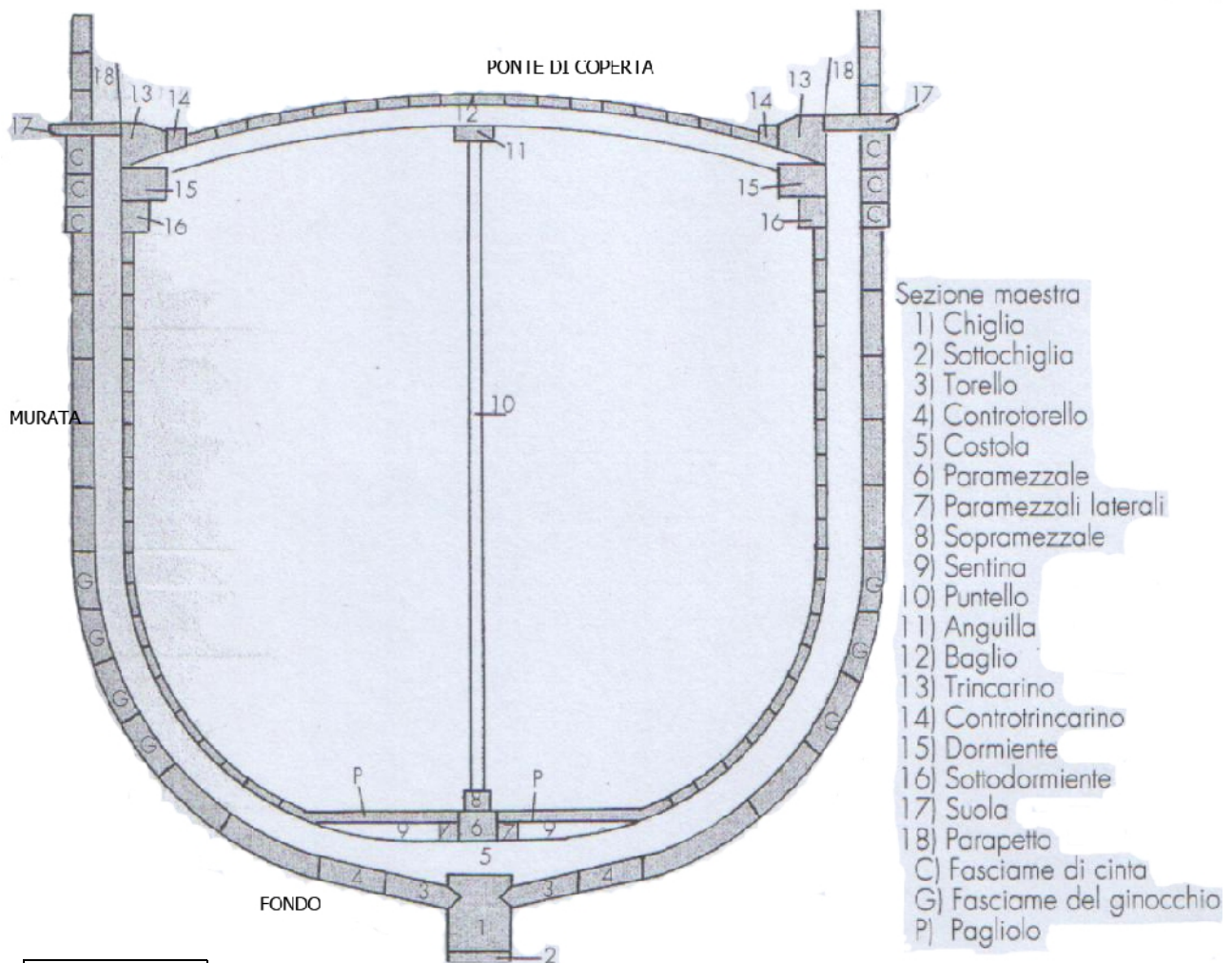


Fig.7

### Scafo in ferro

Nelle grosse imbarcazioni e nelle navi il legno è generalmente sostituito dall'acciaio dolce per quanto concerne la costruzione dello scafo. Attualmente anche le leghe leggere d'alluminio vengono largamente utilizzate per la costruzione di particolari strutture. In queste navi l'ossatura è costituita da apposite verghe profilate, aventi diversa sezione (a T, a doppia T, ad L, ad U, a C, ecc.). Tali verghe possono essere sagomate e saldate tra loro, o anche unite a lamiere, con lo scopo di allargarle o irrobustirle per conferire allo scafo la sua forma e per garantire la necessaria solidità. I nomi, l'uso e l'ubicazione di questi pezzi strutturali, siano essi verghe o lamiere, sono del tutto simili alle strutture che compongono lo scafo in legno: avremo per tanto la chiglia, che può essere massiccia, piatta, a paramezzale, ecc., i paramezzali, le costole, i bagli, il fasciame esterno, il fasciame interno, i ponti, ecc. L'impermeabilizzazione dello scafo è ottenuta mediante saldatura delle lamiere che costituiscono i fasciami e le paratie.

### IMBARCAZIONI

Il termine imbarcazione definisce tutti quei galleggianti minori che vengono utilizzati per: il trasporto di persone e cose; il salvataggio delle persone; la pesca costiera; il diporto nautico; lo sport nautico.

Le imbarcazioni possono essere, a seconda del loro mezzo di propulsione: a remi, a vela e a motore.

Il materiale da costruzione principalmente usato per le imbarcazioni è il legno e, ultimamente con ottimi risultati, la vetroresina.

L'imbarcazione, oltre alle parti strutturali tipiche d: uno scafo in legno, possiede delle parti proprie che assumono i seguenti nomi: 1) Prisata, che è l'orlo superiore delle murate. 2) Banchi, che sostituiscono i bagli e servono da sedile ai vogatori. 3) Sedili, che sono dei piani disposti a prua, a poppe, e lungo i fianchi dell'imbarcazione e vengono utilizzati come sedili dai passeggeri. 4) Assecco che è il fondo dello scafo compreso tra i madieri e dove si raccoglie l'acqua eventualmente imbarcata, affluendo attraverso i fori praticati nella faccia inferiore dei madieri. Questi fori sono detti bisce. 5) Alleggio, che è il foro praticato nell'assecco e che ha la funzione di vuotare lo scafo dall'acqua imbarcata quando lo si ala a secco. L'alleggio viene chiuso con un apposito tappo detto tappo d'alleggio o zaffo. Il fasciame esterno di queste imbarcazioni a remi può essere: a) a paro o fasciame latino, costituito da corsi di fasciame disposti nel senso longitudinale con le tavole accostate tra loro e, pertanto, lo scafo presenta una superficie liscia. b) Clinker o all'inglese, o a romena sovrapposti, nel quale i corsi del fasciame sono disposti a scaletta. c) Diagonale o incrociato, formato da un fasciame doppio, nel quale quello esterno è disposto in modo che i corsi di tavole vadano dalla coperta alla chiglia con una inclinazione di circa 45° mentre il fasciame interno ha inclinazione differente. Alcune volte l'inclinazione viene data soltanto al fasciame interno, mentre quello esterno conserva il sistema latino (a paro).

Le essenze legnose maggiormente adoperate nella costruzione delle imbarcazioni sono:

- la quercia, il teak, l'olmo, il rovere, il frassino ed il pitch-pine per quanto concerne la chiglia, i dritti di prua e di poppa, paramezzali
- il mogano, il pino, il cedro ed il pitch-pine per il fasciame esterno,
- il rovere, il pino, il mogano per le costole.

Un altro materiale adoperato per la costruzione delle imbarcazioni è il compensato marino. Questo possiede una buona durata e resistenza agli attacchi di funghi ed insetti ed è, inoltre, imputrescibile e resistente all'immersione in acqua. Le principali essenze legnose utilizzate per la fabbricazione del compensato marino sono il mogano, il sipo, il makorè, l'acajou. Gli strati legnosi che compongono il compensato inalino vengono tenuti insieme da speciali colle particolarmente indicate per gli impieghi subacquei. Principali caratteristiche di questo materiale da costruzione sono la leggerezza, la facilità di lavorazione, la buona resistenza agli urli e la lunga durata.

#### **Nozioni sulla costruzione di uno scafo in vetroresina**

L'attuale metodo consiste nell'accoppiare due elementi, quali la resina e le fibre di vetro. Le resine sono normalmente resine poliesteri e le fibre di vetro vengono impiegate in tessuti costituiti da fibre tenute assieme da un apposito legante. La costruzione di imbarcazioni in plastica consiste nel foggare un apposito stampo femmina, sul quale vengono modellati diversi strati di rinforzo impregnati di resina: o nel disporre due lamiere di plastica di adeguato spessore e nel collegarle con uno strato di sostanza, che generalmente è schiuma (poliuretana) iniettata: tale sistema fornisce un'ottima resistenza e garantisce l'insommersibilità, un buon isolamento termoacustico ed una assoluta impermeabilità. Con tali sistemi si sono costruiti scafi fino ad una lunghezza di 24 metri.

Un vantaggio dello scafo in vetroresina rispetto al legno è quello che riguarda la sua manutenzione: tale operazione è quasi assente nello scafo in vetroresina, essendo sufficiente il più delle volte il solo lavaggio con acqua dolce e sapone. Un inconveniente degli scafi in sostanza plastica è l'azione del sole sulle sostanze coloranti, che tendono a perdere d'intensità: per (questo motivo il colore maggiormente usato è il bianco).