

# APPUNTI DI GEOMETRIA DEI GALLEGGIANTI

A.A. 2006/7

## CAPITOLO 1 - DEFINIZIONI

1.	INTRODUZIONE .....	2
2.	NAVI E GALLEGGIANTI.....	3
2.1	Scafo .....	3
3.	DIMENSIONI PRINCIPALI DELLA NAVE .....	4
3.1	Il dislocamento .....	8
4.	DEFINIZIONE DELLA SUPERFICIE DI CARENA.....	11

## 1. INTRODUZIONE

La nave è una struttura progettata e costruita per un determinato servizio, in relazione al quale deve possedere dimensioni, forme e sistemazioni atte a permettere la navigazione su rotte prestabilite, a velocità determinate e mantenendo prescritti requisiti di sicurezza.

La varietà degli impieghi e delle condizioni operative impone ad ogni nave caratteristiche e qualità specifiche.

L'Architettura Navale costituisce quel corpo di conoscenze che permette d'identificare ed in qualche misura quantificare le qualità essenziali che ogni nave dovrà comunque possedere.

Pertanto i principali argomenti d'interesse dell'architetto navale sono:

- **Geometria e Statica**, per valutare le caratteristiche di galleggiabilità;
- **Robustezza Strutturale**, per dimensionare le strutture e valutarne la loro idoneità al servizio;
- **Resistenza e Propulsione**, per proporzionare l'apparato propulsivo atto al conseguimento delle velocità richieste;
- **Vibrazioni**, per assicurare comfort a bordo e massima durata a strutture e macchinari;
- **Tenuta al mare**, per garantire la capacità d'affrontare le diverse condizioni che si possono trovare lungo le rotte previste;
- **Manovrabilità e Controllo**, per consentire le azioni di regolazione della sua andatura, in direzione e velocità.

In questi appunti ci occuperemo in particolare di **Geometria**, richiamando, al paragrafo seguente, la distinzione tra navi e galleggianti.

In particolare nel caso delle navi, s'assumerà nel seguito di queste note che il corpo oggetto di studio sia simmetrico rispetto al piano verticale longitudinale.

Esistono pochi esemplari di galleggianti asimmetrici rispetto a detto piano, il più noto dei quali è costituito dalla gondola veneziana; tuttavia, data l'esiguità del loro numero, saranno presi in considerazione soltanto i galleggianti simmetrici.

In ogni caso, i risultati ottenuti per questi ultimi potranno comunque essere utilizzati per lo studio dei galleggianti di qualsiasi forma.

## 2. NAVI E GALLEGGIANTI

Definiamo **galleggiante** un corpo parzialmente immerso, in equilibrio sulla superficie libera, il cui peso cioè è equilibrato dalla spinta che riceve dal volume di acqua spostato.

**Nave** è un galleggiante di dimensioni, forma e sistemazioni adatte ad un dato servizio; una nave è costituita da due parti principali: scafo e sovrastruttura, (fig. 1).

### 2.1 Scafo

**Scafo** è l'involucro stagno che racchiude la parte immersa (**carena**), delimitato dal **ponte principale** (o di **bordo libero**) e dalla superficie esterna (**fondo e fianco**), come rappresentato in figura 2.

Altri ponti, più o meno estesi possono essere compresi entro la superficie esterna della nave, sia al di sotto (**ponti inferiori**) sia al di sopra (**ponti superiori** o **ponti delle sovrastrutture**).

Dal punto di vista strutturale, il rivestimento esterno dello scafo è detto **fasciame esterno**; gli irrigidimenti trasversali interni che sostengono il fasciame sono detti **ossature**.

La superficie interna del fasciame in contatto con le ossature è detta **superficie dello scafo fuori ossatura** o **entro fasciame**; l'altra superficie è detta **superficie dello scafo fuori fasciame**.

Analogamente contraddistingue i volumi racchiusi entro dette superfici; è importante notare che il volume fuori fasciame rappresenta l'effettivo **volume** dello scafo.

Nel senso della lunghezza, il piano rispetto al quale la superficie dello scafo è simmetrica è detto **piano diametrale**.

Lo studio delle caratteristiche geometriche e delle condizioni d'equilibrio dello scafo fornisce gli elementi che consentono di valutarne galleggiabilità e stabilità.

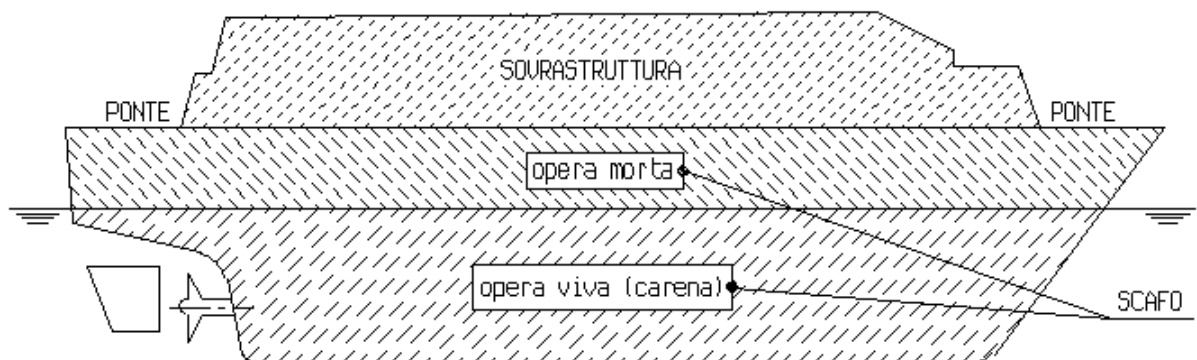


Fig. 1. Scafo e sovrastruttura.

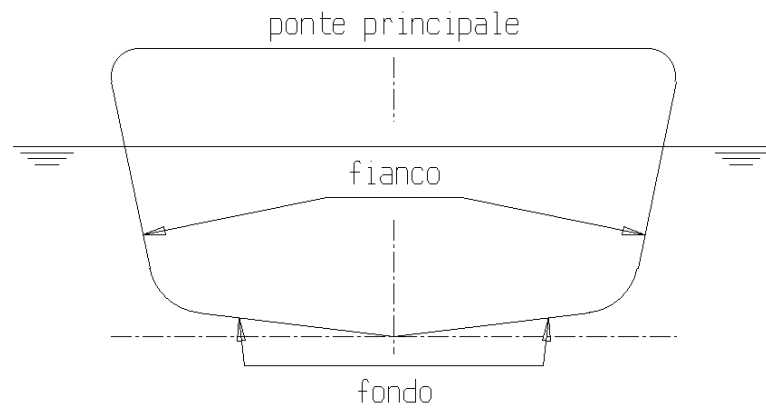


Fig. 2. Sezione trasversale e parti principali di uno scafo.

### 3. DIMENSIONI PRINCIPALI DELLA NAVE

Introduciamo le dimensioni principali della nave, come definite nella norma ISO 7462 (1985), adottata da alcuni standard nazionali, come p.es. DIN 81209-1 (Germania).

Da questo ultimo ricaviamo i simboli da usare in disegni, equazioni e programmi di calcolo computerizzato.

Si osserverà che predominano molti termini e simboli in inglese; ciò è dovuto in parte all'universalità acquisita da questa lingua nel campo delle comunicazioni tecniche ed in parte al fatto che la grande maggioranza della letteratura tecnica d'interesse in campo navale è compilata in detta lingua.

Tuttavia non si può dimenticare la tradizione marinara italiana ed il gergo ad essa associato; per questo motivo si riportano in tab. 1 alcune delle espressioni più comuni in inglese assieme ai relativi simboli ed alla loro traduzione in italiano.

La linea di base o **linea di costruzione**, indicata dall'abbreviazione **LC**, giace nel piano longitudinale di simmetria ed è parallela alla linea di galleggiamento di progetto di pieno carico estivo (v. nel seguito per la definizione di questo ultimo).

È in genere considerata asse longitudinale di riferimento, cioè asse  $x$  del sistema di coordinate rispetto a cui sono definiti i punti dello scafo; piazzando la **LC** in modo che sia tangente al punto più basso della carena, tutte le coordinate  $z$  saranno positive.

Prima di definire le dimensioni di una nave dobbiamo scegliere una linea di galleggiamento di riferimento; le ISO 7462 raccomandano che questo galleggiamento (waterline in inglese) sia il **galleggiamento estivo di pieno carico di progetto**, vale a dire la linea d'acqua fino alla quale la nave può essere caricata in acqua di mare, in estate.

Il termine “di progetto” indica che detta linea è determinata in fase di progetto e ne vengono ignorate le successive variazioni perché sarebbe molto macchinoso correggere di conseguenza dimensioni e coordinate.

Una connotazione precedente alla ISO 7462 ma tuttora talvolta impiegata è **DWL**, abbreviazione per **design waterline** (linea d’acqua o galleggiamento di progetto).

È da osservare che la linea di galleggiamento così definita è la curva intersezione della superficie esterna dello scafo con il piano della superficie libera del mare, considerato perfettamente in quiete, detto anche **piano di galleggiamento**.

La figura piana avente per contorno la linea di galleggiamento è la **figura di galleggiamento**.

Il piano di galleggiamento suddivide lo scafo in due parti: quella immersa è detta **opera viva**, l’altra **opera morta**.

La superficie dello scafo al di sopra del galleggiamento prende il nome di **murata**, termine che spesso sta ad indicare l’intera superficie laterale dello scafo.

La figura costituita dalla proiezione dell’opera viva sul piano diametrale è detta **piano di deriva**, (fig. 3).

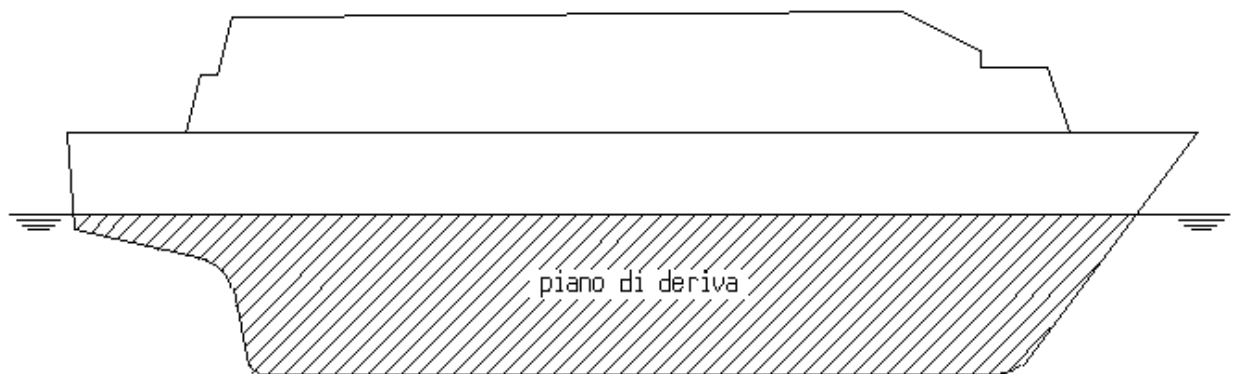


Fig. 3. Piano di deriva.

La **perpendicolare addietro**, connotata dai simboli **AP** e **PP<sub>AD</sub>** in inglese ed italiano rispettivamente, è la perpendicolare al galleggiamento di progetto passante per il dritto<sup>[1]</sup> del timone o per l’asse del timone; quest’ultimo caso è mostrato nelle figure 4 e 5.

Nelle navi militari ed oggi in alcune navi mercantili, p. es. i piccoli mezzi per trasporto passeggeri, si colloca detta perpendicolare all’intersezione della **DWL** con la faccia poppiera esterna dello scafo, (fig. 6).

---

<sup>[1]</sup> telaio irrigidito posto sotto la curvatura poppiera

La **perpendicolare avanti**, connotata dai simboli **FP** e **PP<sub>AV</sub>** in inglese ed italiano rispettivamente, è la perpendicolare al galleggiamento di progetto passante per la faccia prodiera esterna dello scafo, generalmente chiamata slancio di prora.

Si noti un'incoerenza: mentre le dimensioni principali sono generalmente riferite alle forme interne al fasciame (**moulded dimensions** = dimensioni fuori ossatura), la perpendicolare avanti è piazzata, come si vede in figura 6, sulla faccia esterna della prora.

La distanza tra le due perpendicolari è chiamata **lunghezza tra le perpendicolari**, **L<sub>pp</sub>**; una antica notazione è **LBP**.

Si definisce **lunghezza fuori tutto** la distanza tra le estremità della nave, da qualsiasi oggetto essa possa essere determinata, (fig. 4).

**Lunghezza immersa fuori tutto** è la lunghezza della parte immersa dello scafo, misurata parallelamente alla **DWL**, (fig. 4).

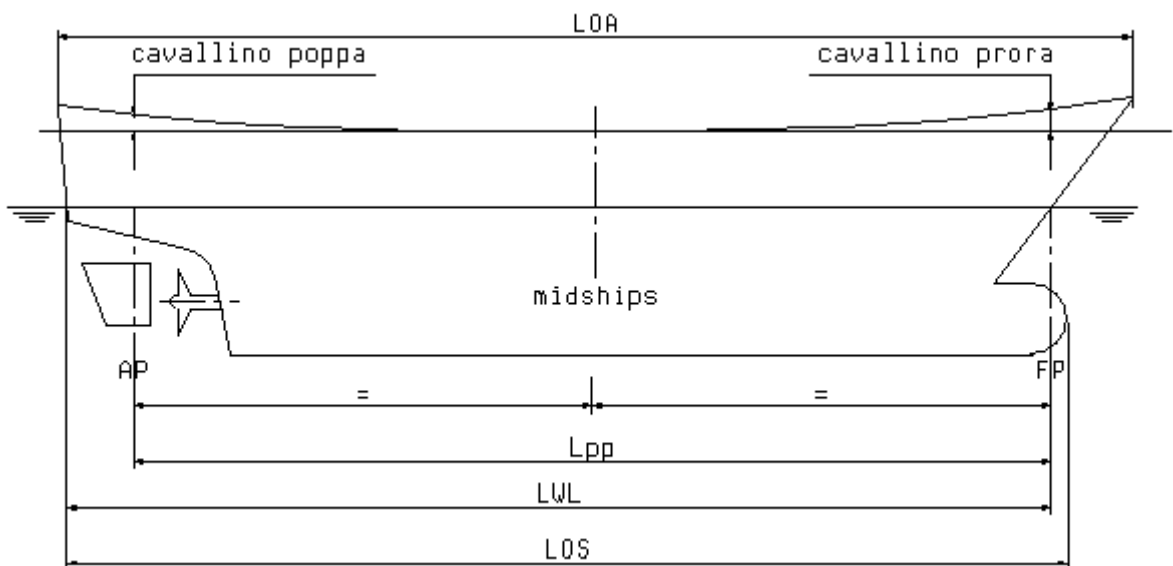


Fig. 4. Dimensioni longitudinali.

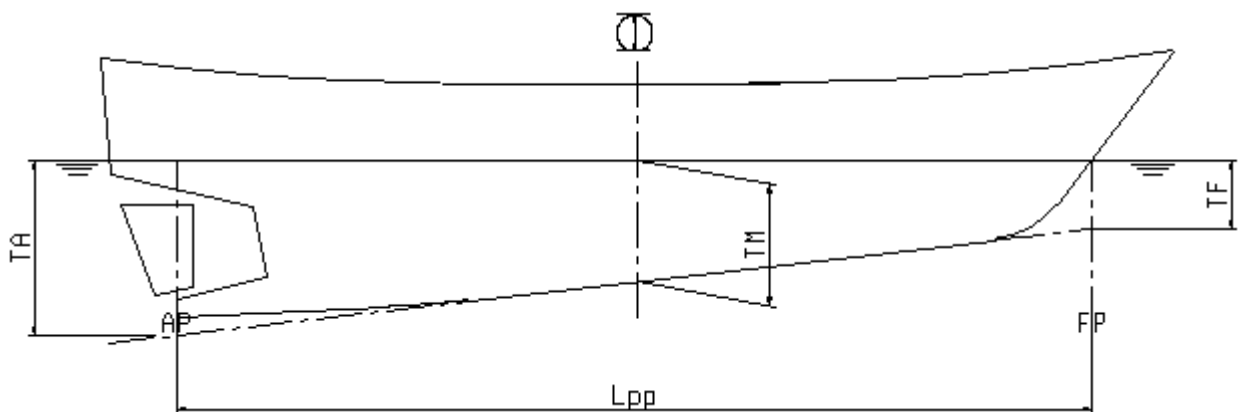


Fig. 5. Caso della nave con differenza d'immersione.

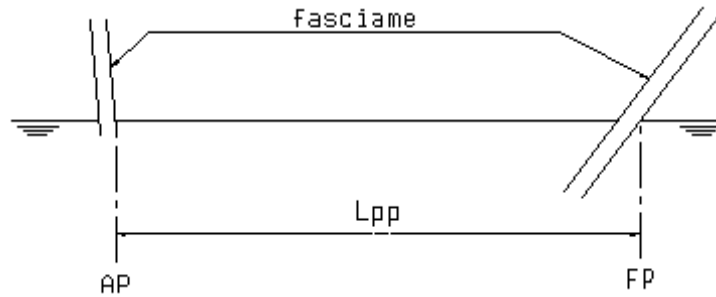


Fig. 6. Misura della distanza tra le perpendicolari.

Si definisce **ordinata** (station) un punto della linea di base e la sezione trasversale passante per quel punto, (fig. 7).

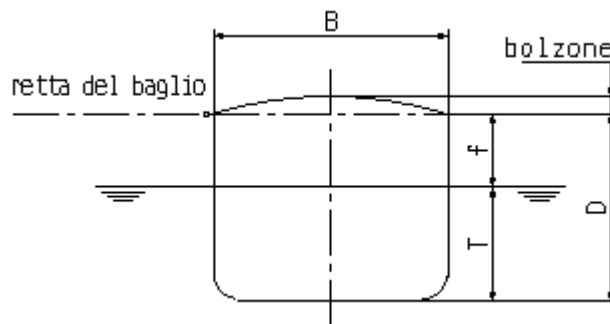


Fig. 7. Dimensioni verticali e trasversali.

L'ordinata a metà della  $L_{pp}$  è chiamata **sezione maestra** (*midships*); abitualmente è identificata dal simbolo mostrato in figura 8.



Fig. 8. Simbolo indicante la sezione maestra.

L'**altezza di costruzione**  $D$  (*moulded depth*) è la distanza dalla LC della faccia inferiore del ponte, (fig. 7); nel caso vi siano più ponti è necessario specificare a quale di essi è riferita  $D$ .

**Immersione**  $T$  (*moulded draught*, talvolta *moulded draft*) è la distanza verticale tra la faccia superiore della chiglia e la  $DWL$ , generalmente misurata a metà nave.

Anche quando la chiglia è parallela al galleggiamento possono esserci appendici sporgenti al di sotto di essa, per esempio la cupola del sonar o gli assi e l'elica. Si definisce quindi **pescaggio** o **immersione massima** (*extreme draught*) la distanza del punto più basso della nave, chiglia o appendice che sia, dalla  $DWL$ .

Alcune navi, tipicamente rimorchiatori e pescherecci, hanno la chiglia inclinata rispetto al galleggiamento; in questo caso si parla di nave con **differenza d'immersione**, poiché in questo caso  $TA$  e  $TF$  sono diverse tra loro.

Come si vede dalla figura 5, dette immersioni sono prese alle intersezioni delle rispettive perpendicolari alla DWL con la retta tangente alla chiglia.

In questo caso si parlerà d'**immersione addietro TA**, **immersione avanti TF** ed **immersione media TM**; la differenza tra quest'ultima e l'altezza di costruzione **D** è detta **bordo libero** ed è indicata col simbolo **f** nelle DIN-81209-1.

La superficie che limita l'opera viva è detta **superficie di carena**; il volume da essa racchiuso è il **volume di carena** e si indica col simbolo  $\nabla$ , il suo centro è chiamato **centro di carena**.

Talvolta si fa riferimento al volume fuori ossatura (**moulded volume**), vale a dire il volume compreso tra lo scafo ed il piano orizzontale di galleggiamento definito da una data immersione.

In molte navi il ponte è trasversalmente curvo, (fig. 7), per facilitare il deflusso dell'acqua eventualmente imbarcata.

La distanza verticale tra il punto più alto ed il punto più basso del ponte, vale a dire la saetta dell'arco formante la curva del ponte, è detta **bolzone (camber)**, (fig. 7).

La retta orizzontale passante per il punto più basso del ponte è chiamata **retta del baglio**.

Secondo la ISO 7460 il bolzone si misura in mm, mentre tutte le altre dimensioni sono date in m.

Nella maggioranza delle navi, l'intersezione del ponte con il piano diametrale è una curva con la concavità verso l'alto. Generalmente questa linea è tangente all'orizzontale in corrispondenza della sezione maestra e risale verso le estremità, più alta a prora. Questa curva longitudinale, che prende il nome di **insellatura o cavallino (sheer)**, serve a prevenire l'entrata d'acqua ed è presa in considerazione per stabilire il galleggiamento permesso secondo le relative convenzioni internazionali.

### 3.1 Il dislocamento

Si dice **dislocamento** il peso della nave, uguale, per il principio d'Archimede, al peso del volume d'acqua spostata; esso è indicato dal simbolo  $\Delta$ .

Il suo punto d'applicazione è il baricentro **G** della nave, la sua retta d'azione è verticale, diretta verso il basso.

Si distinguono i seguenti dislocamenti:

- dislocamento della nave **scarica ed asciutta**, detto anche dislocamento leggero;
- dislocamento della **nave vacante**;
- dislocamento di **pieno carico**.



La composizione dei diversi dislocamenti citati e le relative relazioni sono sintetizzate nello schema a blocchi di figura 9.

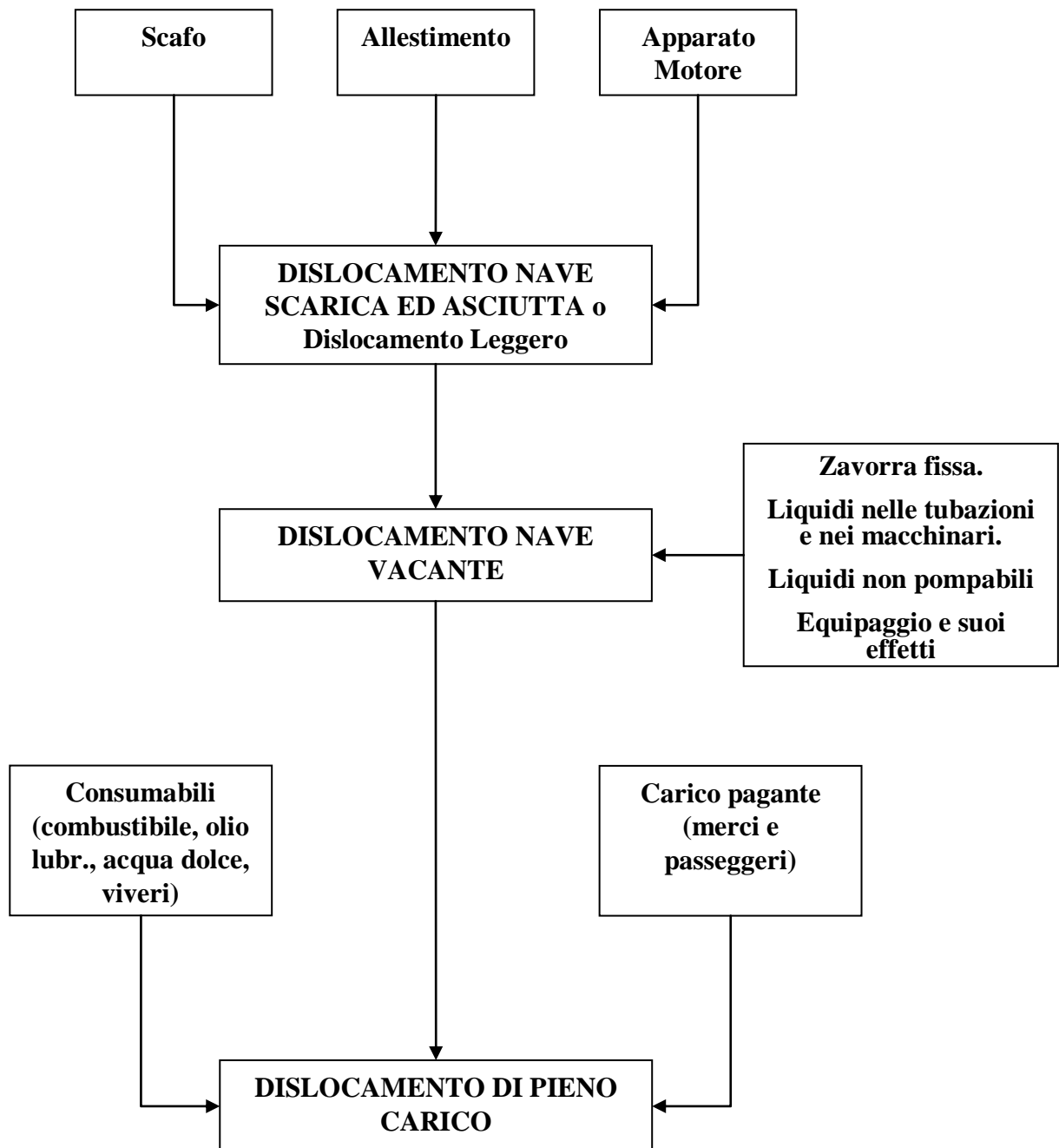


Fig. 9. Composizione del dislocamento.

Il peso del carico pagante prende il nome di **portata netta** della nave; aggiungendovi il peso dei consumabili si ottiene la **portata lorda** (*deadweight, DWT*).

Al dislocamento di progetto si richiede che il piano diametrale sia normale al piano di galleggiamento.

Vale a dire che:

- la figura di galleggiamento giace su un piano orizzontale;
- il piano diametrale è verticale

e quindi permane la simmetria:

- della figura di galleggiamento rispetto al suo asse longitudinale; delle parti immerse delle sezioni trasversale rispetto al loro asse verticale, come p. s. si può vedere in figura 7.

In tale condizione, il galleggiamento e la carena corrispondente si dicono **diritti** ed analogamente si diranno **diritte** le carene ed i relativi galleggiamenti paralleli a quello diritto.

## 4. DEFINIZIONE DELLA SUPERFICIE DI CARENA

Le DIN 81209-1 raccomandano il sistema di coordinate rappresentato in figura 10.

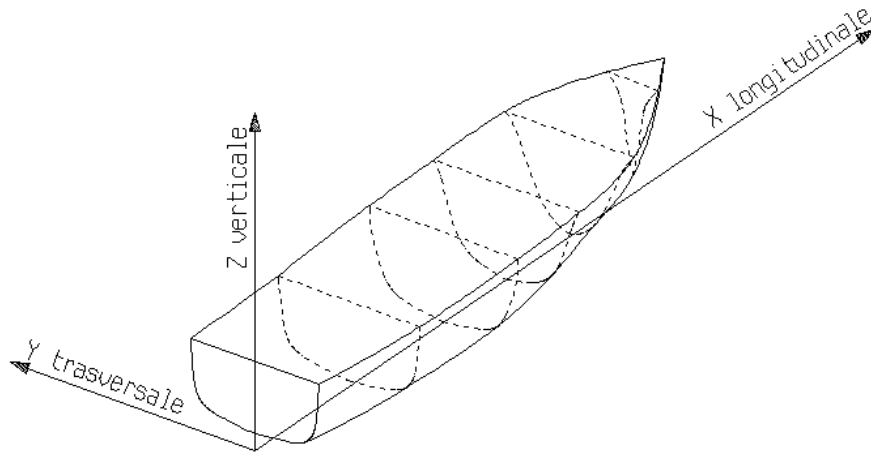


Fig. 10. Sistema

L'origine delle coordinate si trova all'intersezione del piano diametrale con il piano trasversale che contiene la perpendicolare addietro.

Gli standard ISO 7460 e ISO 7463 raccomandano gli stessi versi positivi di quelli in figura 10 ma non prescrivono la posizione dell'origine.

In un altro sistema di coordinate si usano gli stessi assi ma si colloca l'origine in corrispondenza della sezione maestra.

Programmi di calcolo USA usano un sistema di coordinate con l'origine sulla  $PP_{AV}$ , l'asse  $x$  rivolto verso poppa, l'asse  $y$  positivo verso destra e l'asse  $z$  positivo verso l'alto

I sopra citati sistemi di coordinate definiscono punti della nave e si considerano solidali con essa.

Per definire il galleggiamento, cioè la posizione della nave rispetto al mare, assumeremo un altro sistema di coordinate fisse nello spazio, definite nella ISO 7463 come  $x_0$ ,  $y_0$  e  $z_0$ .

Facendo coincidere questo sistema con il precedente, uno spostamento verticale di  $z$  rispetto a  $z_0$  produce una variazione d'immersione.

Una rotazione intorno ad un asse parallelo ad  $x$ , fig. 11 (a), è chiamata **sbandamento**, che può essere :

- temporaneo (*heel*), perché dovuto a cause transitorie, p. es. una raffica di vento o la forza centrifuga in accostata;
- permanente (*list*), perché dovuto p. es. a distribuzione asimmetrica dei pesi oppure ad un allagamento asimmetrico.

Se la stessa rotazione è dovuta a movimenti della nave ed è quindi variabile nel tempo, allora sarà chiamata **rollio** (*roll*).

Quando l'asse nave  $x$  è parallelo all'asse fisso  $x_0$  si dice che la nave galleggia **diritta** (*even keel*).

Un'inclinazione statica intorno ad un asse parallelo all'asse fisso  $y_0$  si chiama **assetto** (*trim*); se la stessa inclinazione è dinamica, funzione quindi del tempo, si chiamerà **beccheggio** (*pitch*).

Talvolta si usa sostituire all'angolo d'assetto la differenza d'immersione che ne consegue; si noti che il termine inglese *trim* indica indifferentemente assetto o differenza d'immersione.

La figura 11 (b) mostra un esempio di nave assettata.

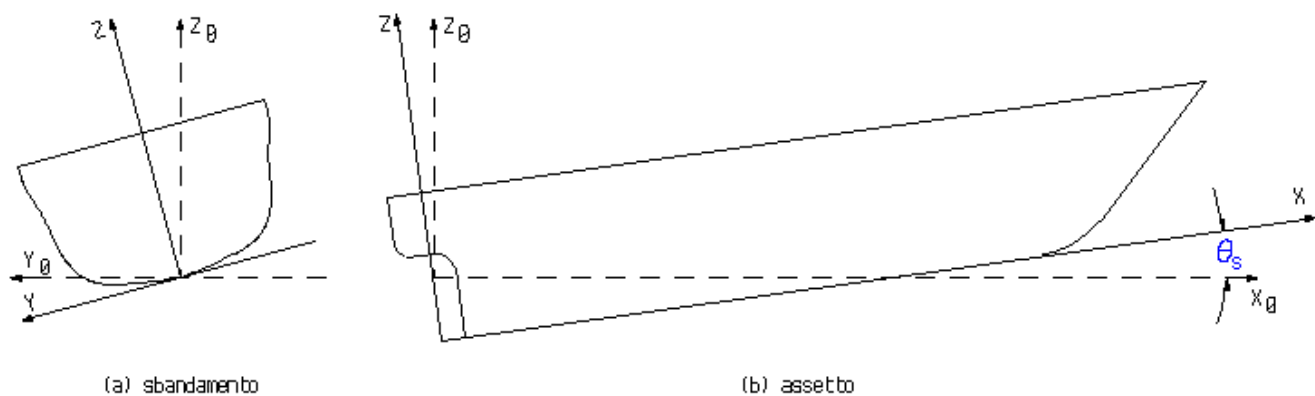


Fig. 11. Sbandamento ed assetto.

Inglese		Italiano	
Espressione	Simbolo	Espressione	Simbolo
After (aft) perpendicular	<b>AP</b>	Perpendicolare addietro	<b>PP<sub>AD</sub></b>
Baseline	<b>BL</b>	Linea base, Linea di costruzione	<b>LC</b>
Bow		Prora	<b>PR</b>
Breadth	<b>B</b>	Larghezza	
Camber		Bolzone	
Centrelineplane		Piano di simmetria, Piano diametrale	
Depth	<b>D</b>	Altezza di costruzione	
Draught (Draft)	<b>T</b>	Immersione	
Draught (Draft), aft	<b>T<sub>A</sub></b>	Immersione addietro	
Draught (Draft), amidships		Immersione media	
Draught (Draft), extreme		Pescaggio	
Draught (Draft), forward	<b>T<sub>F</sub></b>	Immersione a prora	
Forward perpendicular	<b>FP</b>	Perpendicolare avanti	<b>PP<sub>AV</sub></b>
Freeboard	<b>f</b>	Bordo libero	
Heel angle		Angolo d'inclinazione (trasversale)	
Length between perpendiculars	<b>L<sub>pp</sub></b>	Lunghezza tra le perpendicolari	
Length of waterline	<b>L<sub>WL</sub></b>	Lunghezza al galleggiamento	
Length overall	<b>L<sub>OA</sub></b>	Lunghezza fuori tutto	<b>L<sub>ft</sub></b>
Length overall submerged	<b>L<sub>OS</sub></b>	Lunghezza massima opera viva	
Lines plan		Piano di costruzione	
Load waterline	<b>DWL</b>	Galleggiamento di pieno carico	
Midship section		Sezione maestra	
Midships		Metà nave (longitudinale/trasversale)	
Moulded		Fuori ossatura	<b>f.o.</b>
Port		Sinistra	
Sheer		Insellatura, Cavallino	
Starboard		Dritta	
Station	<b>St</b>	Ordinata	
Stem		Slancio di prora	
Stern, poop		Poppa	<b>PP</b>
Trim		Differenza d'immersione, Assetto (longitudinale)	
Waterline	<b>WL</b>	Linea d'acqua, Galleggiamento	<b>LA</b>

Tab. 1. Dimensioni principali e relativa terminologia.