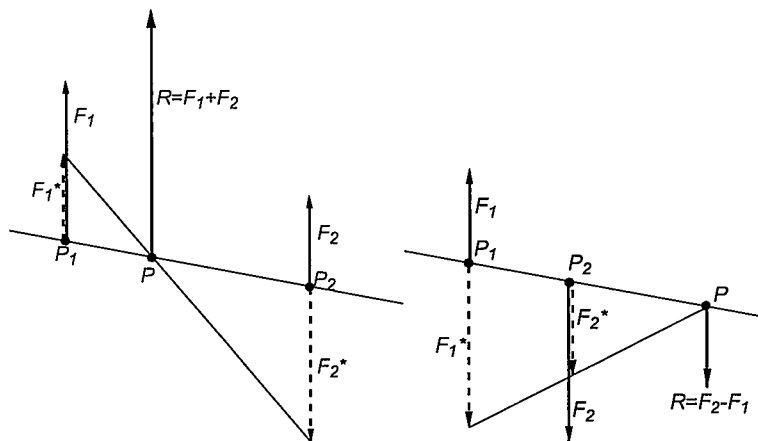


estremi di F_1^* ed F_2^* . Come si può vedere, il punto P è interno al segmento $\overline{P_1P_2}$ e sta dalla parte della forza più grande:



b) le forze sono controverse. Si procede in maniera analoga al caso precedente, con la differenza che ora la risultante ha come modulo la differenza dei moduli ed il verso della maggiore. Inoltre il punto P è esterno al segmento $\overline{P_1P_2}$ e sta dalla parte della forza più grande.

1.2 RICHIAMI DI MECCANICA DEI FLUIDI ED IDROSTATICA

La presente parte riporta in maniera sintetica alcune nozioni base che sono state o saranno sviluppate in maniera più estesa e consistente in altri Corsi.

1.2.1 Nozioni base – Sforzi

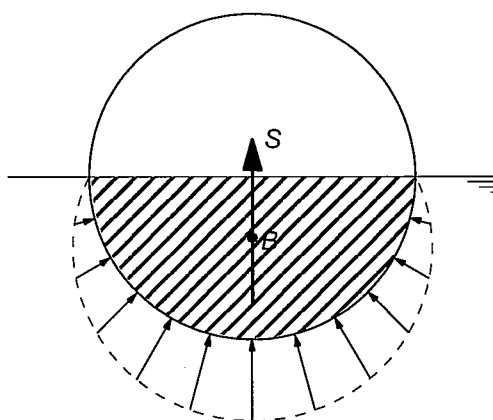
Consideriamo un mezzo continuo che immaginiamo suddiviso in elementi (ad esempio quelli cubici di figura) ognuno dei quali sia al tempo stesso:

- abbastanza piccolo da poter considerare uniformi alcune proprietà fisiche (ad esempio la temperatura e la densità) nell'ambito della sua estensione;
- abbastanza grande da contenere un numero molto grande di molecole o atomi della sostanza che costituisce il mezzo in questione;

cioè tale da costituire un infinitesimo *fisico*.

mentre il peso del corpo sarà indicato con P o più spesso con W , mentre nelle formule indicheremo con Δ il valore comune delle due quantità⁵.

Risulta anche di grande importanza la considerazione delle conseguenze della seconda condizione di equilibrio, che noi studieremo con riferimento ad un liquido incompressibile (ed in presenza di un campo gravitazionale uniforme). Il peso del liquido spostato è applicato nel suo centro di gravità che, in questo caso particolare, ma di grande rilevanza per il nostro studio, *coincide con il centro geometrico del volume*. La spinta è una forza distribuita sulla superficie bagnata del corpo e si può considerare applicata in un punto S (*centro di spinta*) del quale diremo più avanti. Dovendo però il momento della spinta equilibrare quello del peso del liquido spostato, la retta d'azione della spinta passa necessariamente per il centro geometrico del volume di liquido spostato e dunque passa anche per il centro geometrico della parte immersa del corpo.



Si suole indicare questo punto con B (da *buoyancy*=spinta). Il risultato è di grande importanza pratica, perché la conoscenza della posizione della retta d'azione della spinta sarà sufficiente per la discussione dell'equilibrio e della sua stabilità per un galleggiante e per un corpo completamente (ma liberamente) immerso.

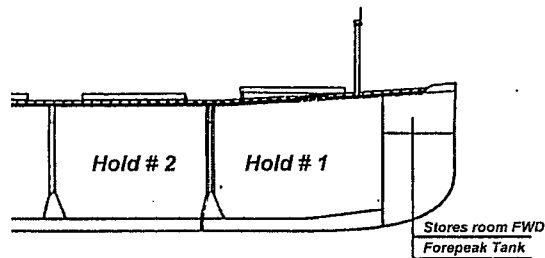
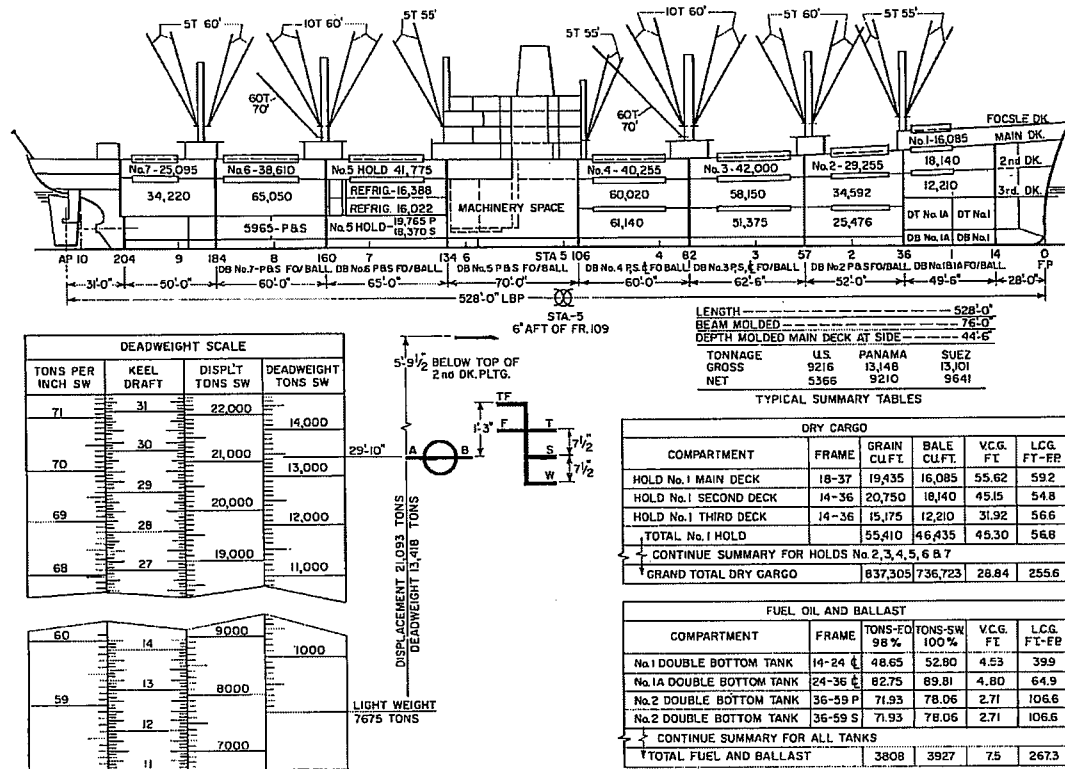
⁵ Il *Principles of Naval Architecture* usa la seguente simbologia:

- $W = \rho g \nabla$ per indicare il "displacement weight", cioè il *peso* del volume di acqua spostata;
- $\Delta = \rho \nabla$ per indicare il "mass displacement", cioè la *massa* del volume di acqua spostata.

Questa differenziazione è stata introdotta nel passaggio dal sistema di unità anglosassoni (che, al pari del Sistema Pratico, usa come grandezze fondamentali lunghezza, *forza* e tempo) al Sistema Internazionale (S.I.) di unità di misura (che invece usa lunghezza, *massa* e tempo). Nel seguito di questo testo useremo invece i simboli nel loro più tradizionale significato sopra indicato, cioè:

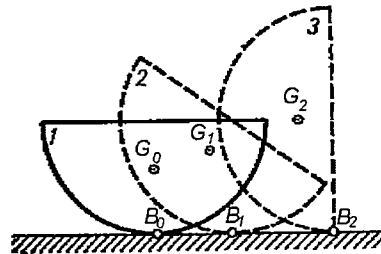
- W per indicare il peso della nave;
- Δ per indicare il valore comune di peso e spinta all'equilibrio, cioè il dislocamento della nave;
- S per indicare la spinta;
- m o M per indicare la massa della nave.

Come indicato in nota al § 1.4.1, a livello internazionale il S.I. è stato adottato per tutte le grandezze di interesse al di fuori del dislocamento, che continua ad essere indicato in t_f (invece che in N o kN). Questo complicherà un po' le formule, nelle quali sarà talvolta necessario aggiungere 9.81 come fattore di ragguaglio (ricordiamo che $1t_f = 9.81kN$).



CAPACITA' DELLE STIVE					
	FRAME NO ORDINATE N°	CAPACITA'	VCG	LCG	MAX. GRAIN SHIFTING HEIGHT
		GRAIN (100 %)	(100% FULL)		
		(m³)	BL (m)	AP (m)	(m)
NO. 1 HOLD	206-237	10,749	11 34	194.52	18.692
NO. 2 HOLD	178-207	12,508	10 97	169.43	30.898
NO. 3 HOLD	150-170	12,613	10 05	122.27	21.615

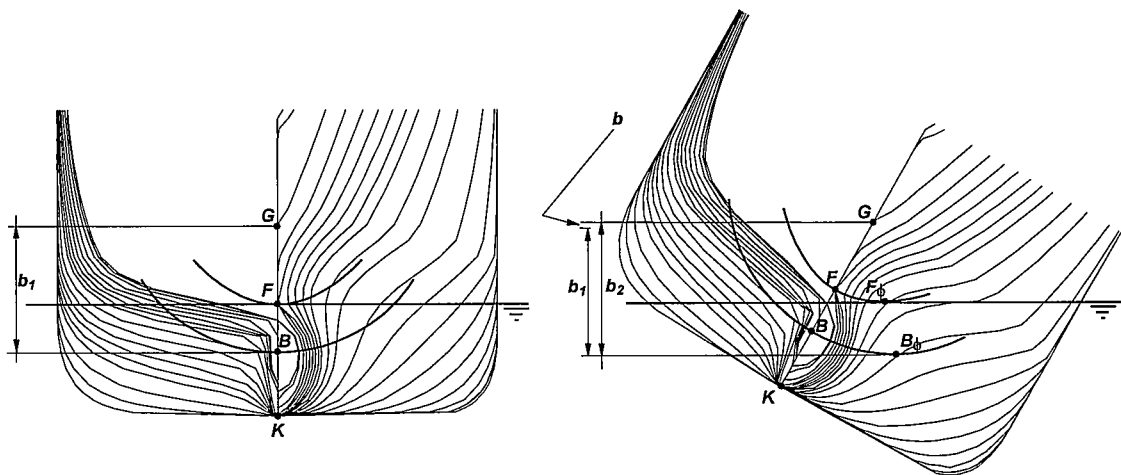
Si può anche dimostrare che il braccio di stabilità dinamica rappresenta la variazione di quota del centro di gravità sul centro corrente di carena nel corso dell'inclinazione, come se la carena rotolasse mantenendo appoggiato sul piano il centro di carena, cioè rotolasse mantenendo appoggiata la superficie dei centri isocarenici di carena:



Il lavoro che occorre fare per inclinare la nave all'angolo generico ϕ , e dunque la variazione di energia potenziale, è dato da:

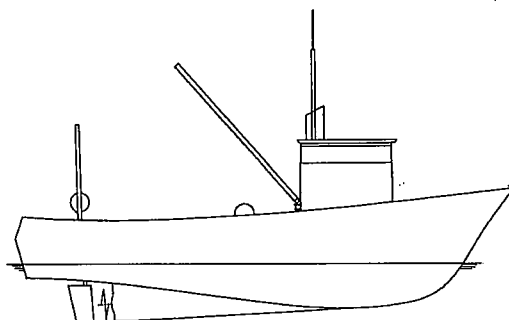
$$W = \int_0^{\phi} \Delta \cdot \overline{GZ} \cdot d\phi \equiv \Delta \cdot b(\phi)$$

così come il lavoro che occorre fare per inclinare un corpo di peso Δ che rotoli su un piano orizzontale è dato dal prodotto del peso per la variazione di quota sul piano del suo centro di gravità.



Si è fatto riferimento, nella figura, alla situazione tipica di una nave per la quale la retta di sottochiglia (per K) e la parallela linea di sottochiglia (per K') rappresentano effettivamente l'andamento della linea intersezione del fondo con il piano diametrale rispettivamente fuori ossatura e fuori chiglia. Il galleggiamento inclinato può essere ottenuto ruotando il piano di galleggiamento dell'angolo ϑ intorno al punto A (o meglio intorno all'asse y trasversale per A) intersezione dei due piani di galleggiamento.

Un esempio di imbarcazione di questo tipo è nella figura seguente.



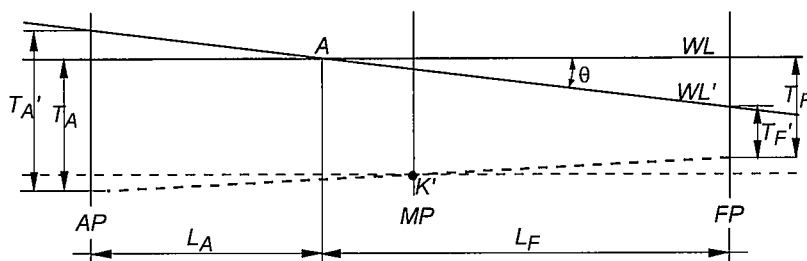
La nave in figura presenta una differenza di immersioni di progetto (*rake of keel*), cioè la retta di sottochiglia non coincide con la linea di costruzione, ma forma un certo angolo ϑ_0 con essa. Detta allora

$$\Delta T_0 = T_A - T_F$$

la differenza di immersioni di *una qualunque* carena diritta (inclusa quella di pieno carico normale), si ha

$$\operatorname{tg} \vartheta_0 = \frac{\Delta T_0}{L_{bp}}$$

esattamente come se la retta e la linea di sottochiglia fossero state ottenute ruotando la chiglia diritta (cioè parallela al galleggiamento di pieno carico normale o alla LC) dell'angolo ϑ_0 intorno ad un asse trasversale per K e rispettivamente K' .



Se indichiamo con T_M e rispettivamente T_M' le immersioni al mezzo, che assumeremo coincidenti con le immersioni medie T_m e T_m'

Il varo, specialmente quello classico da scalo con la nave che scivola in acqua, dovrebbe essere trattato con approccio dinamico, cioè tenendo conto esplicitamente dei moti nel dominio del tempo. Una trattazione di questo tipo esula però dagli scopi di questo corso. Nel seguito verrà perciò descritto il cosiddetto *varo statico*, che avviene per successione di stati di equilibrio idrostatico.

Esistono poi due modi di trattare il varo che, con riferimento alle due modalità di costruzione, possono essere descritte come *metodo della nave discendente* e *metodo dell'acqua salente*.

Il primo risulta particolarmente adatto per la costruzione su scalo. Il secondo risulta particolarmente adatto per la costruzione in bacino; una volta raggiunto il grado voluto di costruzione, si procede all'allagamento del bacino.

Oggi si costruisce soprattutto in bacino, specialmente per quanto riguarda le grandi unità. Riteniamo comunque che una trattazione del varo da scalo possa essere di grande interesse.

13.1.1 Varo statico col metodo della nave discendente

13.1.1.1 Generalità - Le fasi del varo

Lo scalo di costruzione altro non è che un piano inclinato, generalmente in muratura con una parte all'asciutto che continua in acqua, oltre il punto di affioramento, con una parte chiamata avantiscalo fino al ciglio dell'avantiscalo. La lunghezza dell'avantiscalo, spesso limitata gioca un ruolo essenziale nell'evitare l'insorgere di alcuni problemi (si veda il § 13.1.1.7 più sotto).

Lo scalo ha una pendenza generalmente compresa tra $\frac{1}{12} \div \frac{1}{16}$ che può salire a $\frac{1}{8}$ per piccole unità

o scendere a $\frac{1}{22}$ per le unità più grandi.

Generalmente si vara in senso longitudinale e di poppa per una serie di motivi, tra cui la minore resistenza al moto iniziale (le forme di poppa in basso sono più fini), l'anticipo della rotazione (le forme di poppa sono più piene in alto) e conseguente riduzione del valore massimo della pressione sul brione dei vasi, minori deformazioni scafo (le strutture prodire sono più adatte a resistere alla reazione dello scalo).

Classicamente il varo si divide in quattro fasi:

- scorrimento a secco;
- scorrimento (parallelo) in acqua;
- (scorrimento con) rotazione;
- galleggiamento libero.

