

AUTORITA' PORTUALE DI PALERMO

PORTO DI TERMINI IMERESE *LAVORI DI COMPLETAMENTO DEL MOLO DI SOTTOFLUTTO* PROGETTO DEFINITIVO

Studio Mallandrino 

 **qualityaustria**
SYSTEMZERTIFIZIERT
ISO 9001:2008 NR.09369/0



AUTORITA' PORTUALE DI PALERMO



Progettisti:

Ing. G. Mallandrino

(Responsabile dell'integrazione tra le varie prestazioni specialistiche)

Ing. V. Favara

Ing. A. Novara

Ing. M. A. Rizzo

Ing. P. Traina

Progettazione impianti:

Ing. E. Petralia

Ing. P. Tusa

Collaboratori alla progettazione impianti:

Geom. V. D'Amico

Geom A. Martorana

Coordinatore Sicurezza in fase di progettazione:

Ing. Salvatore Acquista

Responsabile Unico del Procedimento:

Ing. Sergio La Barbera

Elaborati dattiloscritti <i>2. Relazioni tecniche e specialistiche</i>		Data 18/06/2013	Archivio 689
Elaborato	Verifica di galleggiamento del cassone	Traina	
2.3		Rizzo	689 Progetto Definitivo 18/06/2013
		Mallandrino	Proprietà riservata L. 633 del 22/04/41



AUTORITÀ PORTUALE DI PALERMO

Porti di Palermo e Termini Imerese

*LAVORI DI COMPLETAMENTO DEL MOLO DI SOTTOFLUTTO DEL
PORTO DI TERMINI IMERESE*

PROGETTO DEFINITIVO

VERIFICA DI GALLEGGIAMENTO DEL CASSONE

INDICE

PREMESSA	2
VERIFICA DEL CASSONE	11

PREMESSA

In questa premessa si affrontano le problematiche relative al galleggiamento di un corpo rigido in un liquido in quiete.

Un corpo galleggiante è caratterizzato da sei gradi di libertà e, quindi, da sei movimenti principali in risposta a sollecitazioni esterne agenti sul corpo stesso, che sono (Vedi Fig. 1): sussulto, beccheggio, rollio, deriva, avanzo, alambardata.

Considerando un sistema di riferimento cartesiano x, y, z , con quest'ultimo asse verticale orientato verso l'alto ed origine sul pelo libero, i sei gradi di libertà predetti consistono nelle traslazioni e rotazioni, rispettivamente lungo ed intorno agli assi x, y, z (vedi Fig. 1).

Se la spinta di Archimede, è maggiore del peso del corpo, quest'ultimo si sposta verso l'alto fino ad emergere in parte dallo specchio liquido, fino alla condizione nella quale la spinta di Archimede è pari, in modulo, al peso proprio del corpo.

La spinta di Archimede è applicata sul baricentro del volume del liquido spostato dal galleggiante, denominato centro di carena, C , mentre il peso proprio del corpo è applicato sul baricentro di massa del corpo stesso, G .

Un corpo galleggiante si dice in stato di equilibrio quando il baricentro, G , ed il centro di carena, C , sono disposti lungo una stessa verticale (vedi Fig. 2).

L'equilibrio si dice stabile quando il corpo, allontanato dalla sua posizione di equilibrio iniziale in seguito ad una piccola inclinazione dovuta ad una perturbazione esterna, torna nella sua posizione iniziale una volta cessata l'azione perturbante; inversamente, l'equilibrio si dice instabile, quando allontanato dalla sua posizione iniziale il corpo galleggiante se ne allontana sempre più, fino a trovare una nuova posizione di equilibrio.

Se da un lato un galleggiante è indifferente a traslazioni orizzontali ed a rotazioni intorno ad assi verticali, dall'altro lato non lo è per traslazioni verticali e per rotazioni intorno agli assi orizzontali. Le oscillazioni intorno all'asse orizzontale maggiore, cioè longitudinale, sono dette di "rollio", mentre le oscillazioni intorno all'asse orizzontale minore, cioè trasversale, sono dette di "beccheggio".

Come è ben noto, un corpo galleggiante è in equilibrio stabile se il baricentro è ubicato al di sotto del centro di carena; in questo caso, a causa di una inclinazione del corpo dovuta ad una azione esterna, la forza peso e la spinta del liquido sul corpo generano un momento di richiamo stabilizzante che tende a far tornare il corpo nella sua posizione iniziale (Vedi Fig. 3). Questa condizione si verifica, generalmente, quando nella parte inferiore del galleggiante è concentrato un peso elevato, detto zavorra.

Nel caso in cui, invece, il baricentro, G , è ubicato al di sopra del centro di carena, C , la condizione di stabilità dipende dalla posizione che G assume rispetto al cosiddetto metacentro, M , cioè rispetto al punto di intersezione con l'asse baricentrico della verticale condotta per il centro di carena conseguente ad una rotazione infinitesima del galleggiante stesso; se G è compreso tra C e M , il corpo è in una configurazione di equilibrio stabile poiché ad una piccola inclinazione del corpo corrisponde l'ingenerarsi di un momento di richiamo stabilizzante (Vedi Fig. 4); se, invece, G è al di sopra sia di M , sia di C , il corpo è in una configurazione di equilibrio instabile in quanto il momento ingeneratosi, in seguito ad una piccola inclinazione del corpo medesimo, è destabilizzante (Vedi Fig. 5). La distanza GM è detta distanza metacentrica ed è positiva se M è al di sopra di G .

In altre parole, la stabilità di un corpo galleggiante, cioè l'attitudine a ritornare alla posizione iniziale di equilibrio in seguito all'inclinazione subita a causa di una perturbazione esterna, è misurata dall'altezza metacentrica iniziale, cioè dalla distanza tra il baricentro del corpo G ed il metacentro M ; ciò è espresso dalla seguente espressione:

$$GM = CM - CG > 0$$

nella quale CM è il raggio metacentrico pari a I/V ; I è il momento di inerzia della sezione di galleggiamento rispetto all'asse longitudinale; V è il volume di carena. Nel caso in cui la zavorra è costituita da un liquido, il raggio metacentrico CM è pari a $(I-\Sigma i)/V$, nella quale Σi rappresenta la somma dei momenti di inerzia baricentrici dei singoli specchi liquidi delle celle, rispetto all'asse longitudinale. L'esame dell'espressione mostra che in assenza di celle la differenza $I-\Sigma i$ è prossima a zero, poiché $\Sigma i=I$; viceversa, la presenza di celle sufficientemente piccole rende minima la quantità i rispetto ad I , data la dipendenza del momento di inerzia dal cubo della dimensione che compare nell'espressione del momento di

inerzia stesso; per celle rettangolari vale $I = 1/12 bh^3$ con b larghezza e h altezza.

Circa il valore della distanza metacentrica GM si ammettono in letteratura valori compresi tra 0.20 e 0.50 m; valori superiori non sono consigliabili poiché ad essi corrispondono momenti di richiamo troppo elevati, che rischiano di accentuare in modo eccessivo il rollio del corpo galleggiante.

La stabilità critica di un galleggiante, cioè quella minima, è quella trasversale, che si ha in corrispondenza di oscillazioni di rollio, ovverosia intorno all'asse orizzontale longitudinale del corpo; ciò poiché il raggio metacentrico di carena più piccolo, CM, è quello ottenuto dal rapporto tra il momento d'inerzia trasversale della sezione di galleggiamento ed il volume di carena. Se la stabilità trasversale è verificata, lo sarà a maggior ragione la stabilità longitudinale, in corrispondenza della quale si ha un raggio metacentrico di carena maggiore, poiché maggiore è il momento di inerzia della sezione di galleggiamento rispetto all'asse trasversale a parità di volume di carena.

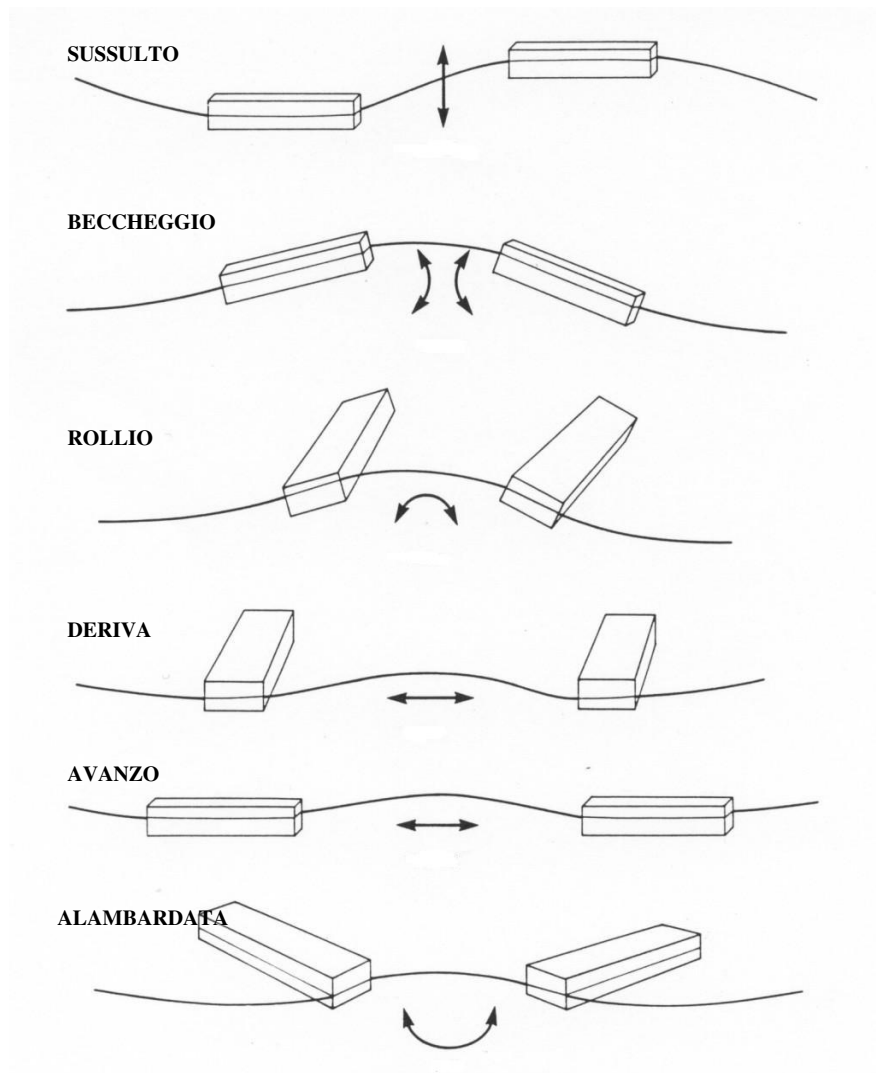


Figura 1 - Sei gradi di libertà di un corpo galleggiante

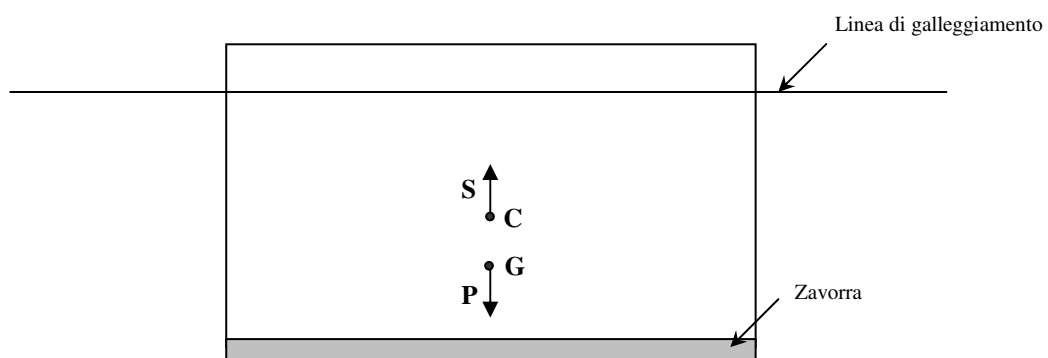


Figura 2 - Corpo galleggiante con il baricentro, G, al di sotto del centro di carena, C; tale condizione si ha, generalmente, quando nella parte inferiore del corpo è presente una zavorra

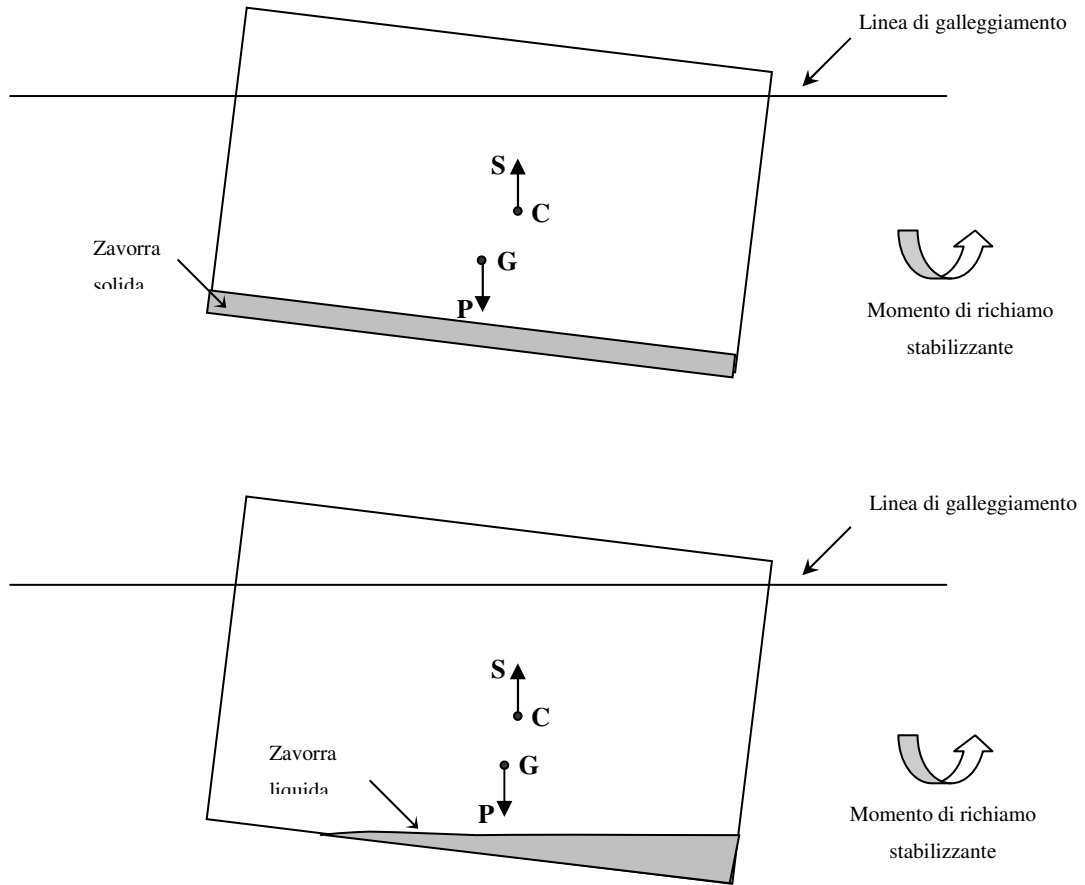
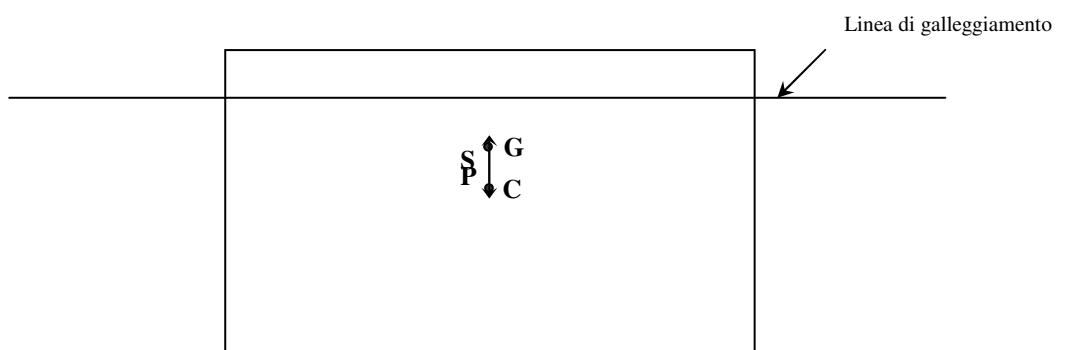


Figura 3 - Corpo galleggiante con il baricentro al di sotto del centro di carena; è possibile osservare che ad una inclinazione del corpo corrisponde l'ingenerarsi di una coppia di richiamo stabilizzante.



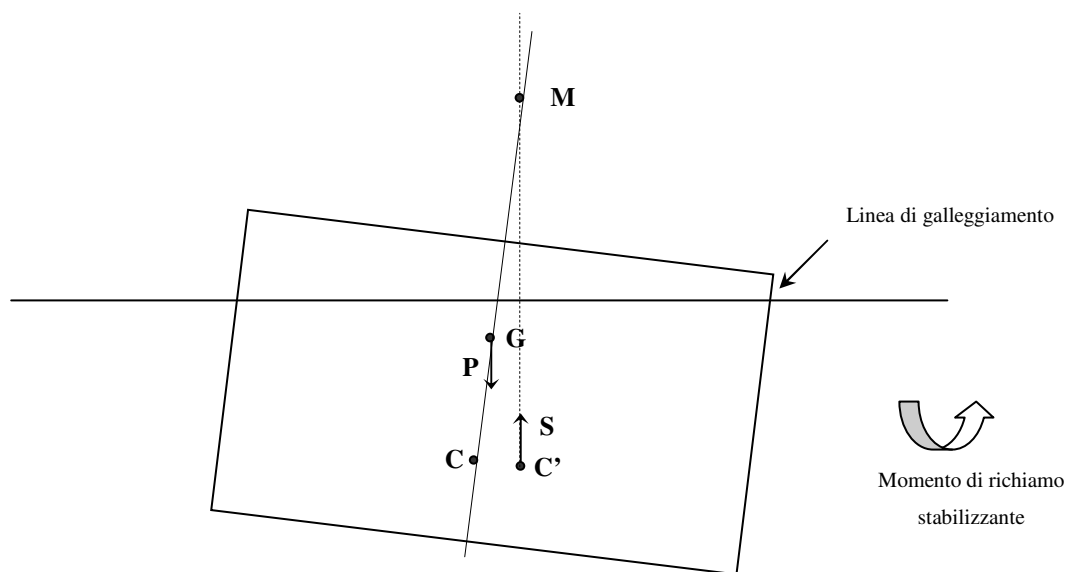


Figura 4 - Corpo galleggiante con il baricentro al di sopra del centro di carena, ma al di sotto del metacentro, M ; configurazione di equilibrio stabile, poiché ad una inclinazione del corpo corrisponde l'ingenerarsi di un momento di richiamo stabilizzante.

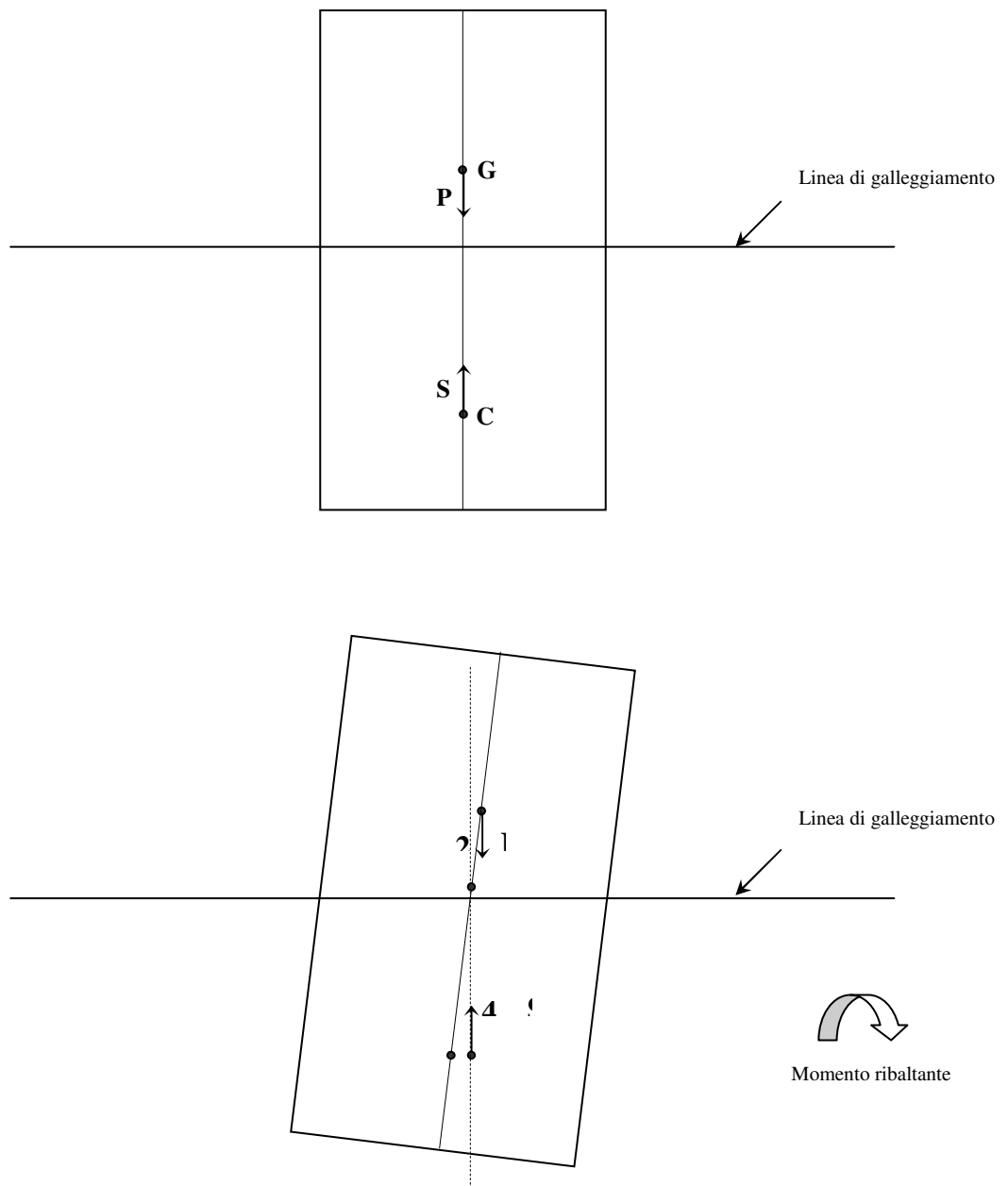


Figura 5 - Corpo galleggiante con il baricentro al di sopra sia del centro di carena, sia del metacentro; configurazione di equilibrio instabile, poiché ad una inclinazione del corpo corrisponde l'ingenerarsi di un momento ribaltante

Riassumendo quanto riportato sopra si può affermare che un corpo galleggiante si trova in condizioni di stabilità se le due forze agenti su di esso (peso e spinta) tendono a riportarlo alla configurazione originaria, qualora ne venga allontanato.

Come è ben noto, un galleggiante è indifferente sia a traslazioni orizzontali sia a rotazioni intorno ad assi verticali; è necessario, quindi, considerare rotazioni intorno ad assi orizzontali.

Un corpo, pertanto, è in stato di galleggiamento stabile se il baricentro si trova al di sotto del centro di carena.

Qualora, il baricentro è al disopra del centro di carena, la stabilità è ugualmente assicurata purché l'altezza metacentrica, definita dalla distanza fra baricentro e punto di intersezione con l'asse baricentrico della verticale condotta per il centro di carena conseguente a una rotazione infinitesima del galleggiamento, sia positiva.

Analiticamente la condizione si esprime con la seguente espressione:

$$\delta = \frac{I}{V} > \overline{CG}$$

dove:

- I Rappresenta il momento di inerzia baricentrico minimo della sezione di galleggiamento;
- V Il volume della parte immersa;
- \overline{CG} La distanza tra centro di carena e baricentro;
- δ L'altezza metacentrica.

In presenza di specchi liquidi invasati nel cassone, la condizione di cui sopra si trasforma nella:

$$\delta = \frac{I - \Sigma i}{V} > \overline{CG}$$

dove:

Σ_i Rappresenta la somma dei momenti di inerzia baricentrici dei singoli specchi liquidi, in generale rispetto ad un asse tale da rendere minima la differenza $I - \Sigma_i$, asse che di solito coincide con quello considerato in assenza di specchi liquidi.

L'esame dell'espressione mostra che in assenza di celle, δ è prossimo a zero, poiché $\Sigma_i = I' = I$.

Viceversa, la presenza di celle sufficientemente piccole rende la quantità Σ_i minima rispetto a I , data la dipendenza del momento di inerzia dal cubo della dimensione che compare nell'espressione del momento di inerzia stesso.

Le celle possono, eventualmente, essere idraulicamente collegate a gruppi per ridurre le difficoltà di uniforme riempimento. Di tale fatto va tenuto debito conto nel calcolo della Σ_i .

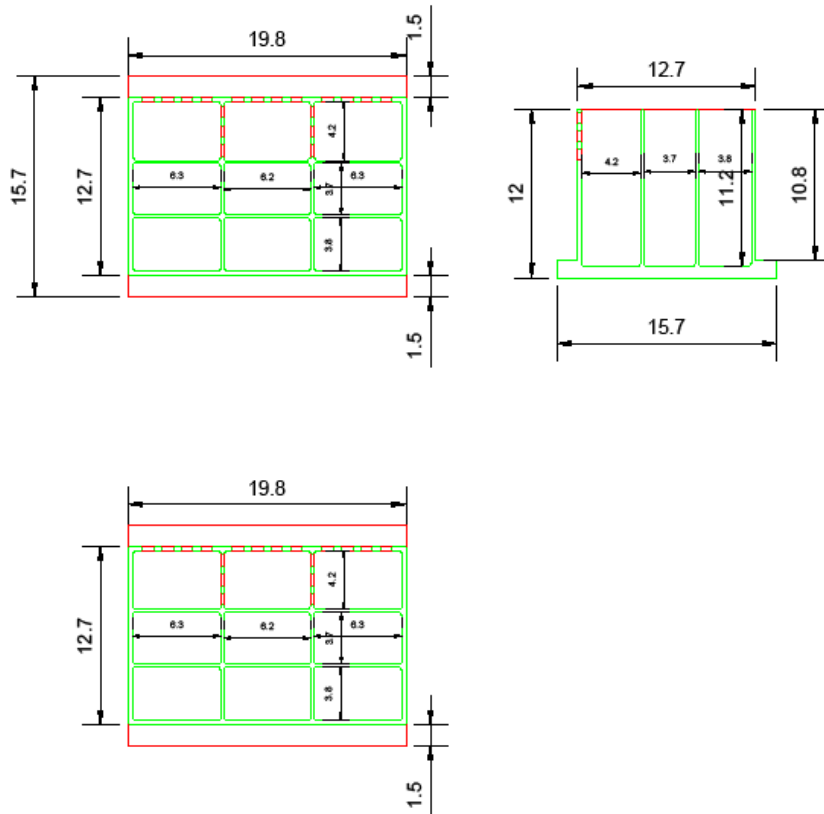
Ad ogni asse di inclinazione, che si considera sulla superficie iniziale di galleggiamento, corrisponde, infatti, una particolare posizione del relativo metacentro; e corrisponde, pure, un particolare valore della coppia che tende a ristabilire l'equilibrio, detta, appunto, di richiamo.

L'esame delle tabelle allegate dimostra che risultano verificate le condizioni di galleggiamento del cassone.

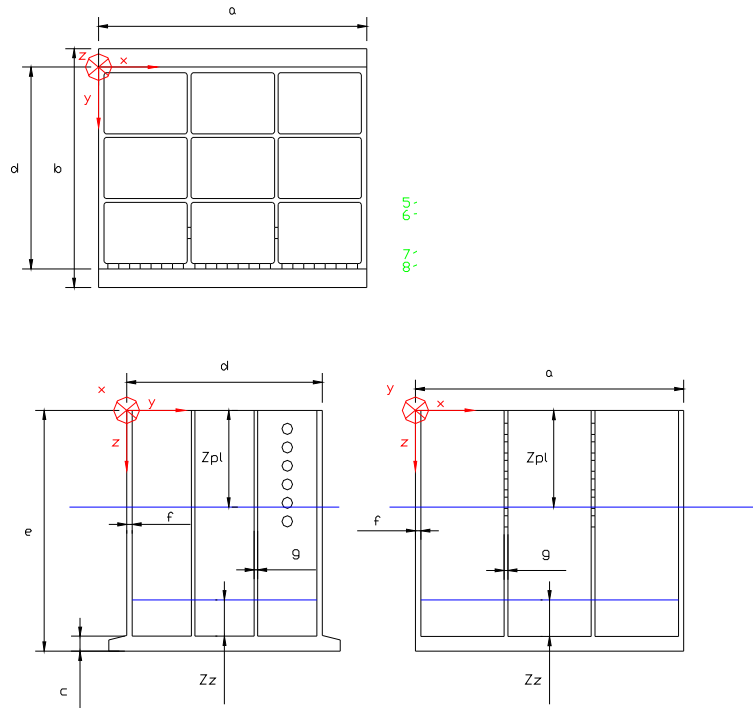
Ovviamente, la verifica mira ad individuare le condizioni di riempimento minimo atte a garantire l'equilibrio.

VERIFICA DEL CASSONE

Si riportano di seguito pianta e sezione del cassone in esame. Per una vista di dettaglio si rimanda all'elaborato grafico 3.3.4.1.



Per le verifiche si è adottato un sistema di riferimento x,y,z , con origine sullo spigolo superiore del cassone stesso lato mare. Si riportano di seguito degli schemi esplicativi, con le indicazioni delle grandezze geometriche utilizzate.



Per garantire le condizioni di equilibrio stabile si prevede un riempimento di tutte le celle con un tirante interno pari a 0.50 m.

L'equilibrio stabile è assicurato, poiché il baricentro del cassone risulta più basso del centro di carena.

Il foglio di calcolo usato per le verifiche è di seguito riportato.

