

## EMERGENZA FALLA

### Caratteristiche della falla

Per falla si intende una qualsiasi via d'acqua che mette in comunicazione il mare con l'interno dello scafo. La possibilità del verificarsi di una falla a bordo di una nave va presa in seria considerazione; l'allagamento di locali interni alla nave, attraverso occasionali aperture prodotte nell'opera viva (parte immersa dello scafo) può avvenire in seguito di:

- urto contro scogli, bassi fondali o altri ostacoli;
- spostamento del carico;
- incaglio;
- offesa consapevolmente arrecata, per cause belliche o di altra natura;
- collisione;
- cedimento strutturale;
- esplosione;

A seconda delle sue dimensioni può provocare gravissimi danni, fino alla stessa perdita della nave per capovolgimento o affondamento.

In caso di collisione, le condizioni peggiori si hanno con angoli d'urto prossimi a 90°, specie se associati al movimento dei mezzi coinvolti. Non vanno trascurate neppure le possibili problematiche connesse con la stabilità della nave.

Facendo riferimento alla figura 1 osserviamo che la falla può verificarsi:

1. in un locale limitato in altezza da un ponte ubicato al disotto del piano di galleggiamento. In questo caso, l'allagamento comporterà un aumento del peso della nave, cioè del suo dislocamento; inoltre si verificherà uno sbandamento dal lato della falla. La stabilità, trattandosi di un imbarco in basso, aumenterà.
2. in un locale non limitato in altezza. In questo caso, oltre all'aumento di peso, si verifica la creazione di uno specchio liquido libero, e quindi una situazione ben più pericolosa; per il resto si ricade nel caso precedente. La quantità di liquido imbarcato è infine funzione dell'angolo di inclinazione della nave.
3. In un locale completamente allagato con falla che permette la libera comunicazione tra superficie del mare e superficie del liquido interno. In questo caso, infatti, la parte di carena interessata è come se non facesse parte dello scafo e, quindi, non contribuisce più alla spinta di Archimede.

Lo studio delle conseguenze di una falla deve inoltre tenere conto di un'altra possibile alternativa:

A) Allagamento Simmetrico rispetto al piano longitudinale di simmetria della nave.

In questo caso (Figura 2) la nave rimarrà trasversalmente diritta e, oltre ad aumentare il dislocamento, cambierà anche il proprio assetto longitudinale, appoppandosi o appruandosi a seconda dell'ubicazione del locale allagato (Figura 3).

B) Allagamento Asimmetrico rispetto al piano longitudinale di simmetria della nave.

In questo caso (Figura 4) oltre a modificare il dislocamento e l'assetto longitudinale, la nave modificherà anche il proprio assetto trasversale, inclinandosi dal lato in cui si trova il locale allagato (Figura 5).

Senza addentrarci, per ora, nei complessi algoritmi messi a punto per studiare i singoli casi, notiamo che una falla, esaminata dal punto di vista della stabilità, comporta, nel caso più generale, tre conseguenze principali:

- I] Aumento del dislocamento. Fatto, questo, di per sé non negativo, a condizione che l'aumento del dislocamento non superi la riserva di spinta, nel qual caso la nave è destinata ad affondare;

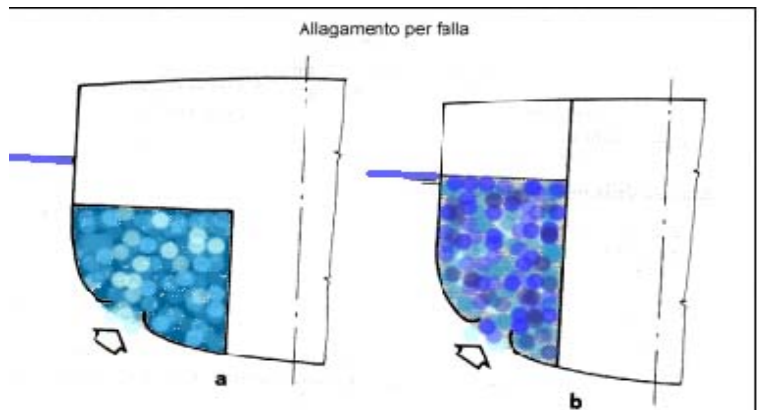


Fig. 1 Allagamento da falla in un locale posto al di sotto del piano di galleggiamento, compartimentato superiormente o meno.

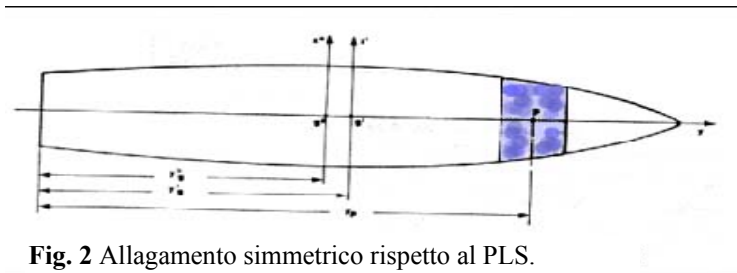


Fig. 2 Allagamento simmetrico rispetto al PLS.

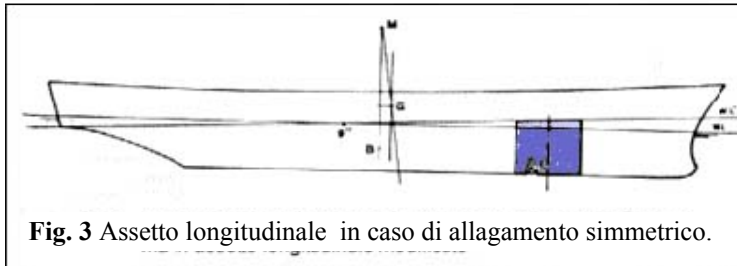


Fig. 3 Assetto longitudinale in caso di allagamento simmetrico.

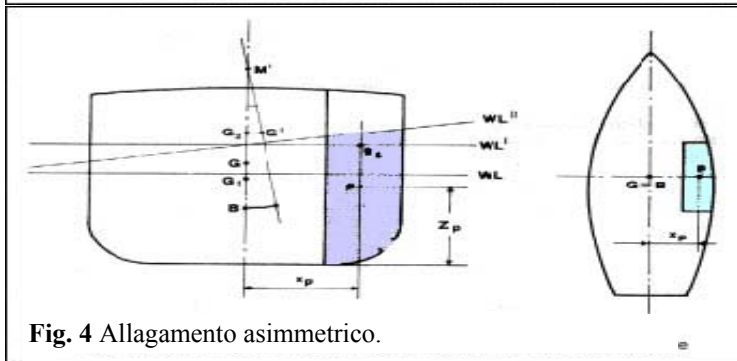


Fig. 4 Allagamento asimmetrico.

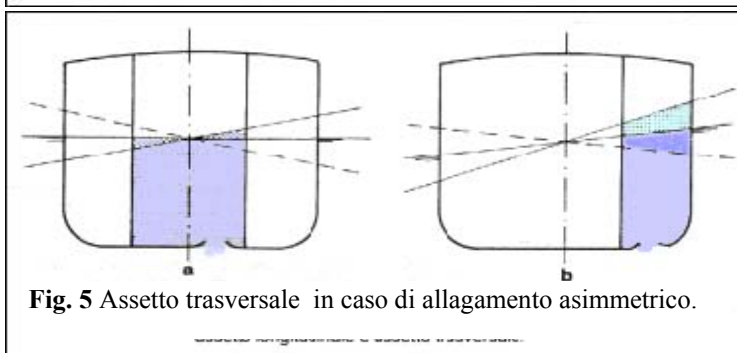


Fig. 5 Assetto trasversale in caso di allagamento asimmetrico.

## EMERGENZA FALLA

II] Riduzione del raggio metacentrico trasversale di carena "r", dovuta alla presenza dello specchio liquido libero, non necessariamente compensata dall'aumento del raggio metacentrico definito dall'imbarco di peso in basso. Questo fatto è di per sé sempre negativo, dal momento che riduce la capacità della nave di opporsi alle cause sbandanti;

III] Variazione dell'assetto, sia trasversale che longitudinale. In particolare, mentre come sappiamo, l'assetto longitudinale varia entro limiti piuttosto modesti, salvo il caso di imbarco di grandi quantità di acqua nelle zone di estremità, l'assetto trasversale può essere compromesso al punto da non consentire di riportare la nave in posizione diritta e da provocarne l'ingavonamento, se non addirittura il capovolgimento per la concomitante riduzione del raggio metacentrico.

Contro il grave pericolo della falla, vi sono tre ordini di provvedimenti a difesa:

- Difesa preventiva. E' questa la difesa migliore e viene attuata mediante una attenta e prudente condotta della navigazione ed un adeguato addestramento del personale imbarcato.
- Difesa passiva. Viene attuata durante le fasi di progettazione e costruzione della nave, secondo i dettami della normativa internazionale per la salvaguardia della vita umana in mare e consiste principalmente nel dotare la nave di una adeguata compartimentazione stagna;
- Difesa attiva. Viene attuata mediante la installazione di appropriati mezzi di esaurimento e di bilanciamento.

### Determinazione del raggio metacentrico

Nel caso di falla centrale, definiti con "l" ed "L" lunghezza e larghezza della falla, si ha che, se il raggio metacentrico iniziale valeva:

$$(r-a) = I_x/V$$

quello finale risulterà:

$$r' = (I_x - i_x)/V'$$

è infatti variata l'immersione, quindi il volume di carena, che diventa  $V'$ ;  $i_x$  esprime il valore del momento di inerzia della parte interessata dalla falla. In caso di falla di forma rettangolare risulta pari a:

$$i_x = (l^3 L)/12$$

e, pertanto:

$$r' = r - i_x/V'$$

Nel caso di falla laterale, si può procedere in modo analogo. Va soltanto considerato l'incremento del momento di inerzia, essendo cambiata la simmetria, valutabile con il Teorema di Huygens-Steiner. In particolare, risulta ( $d$  esprime la distanza tra PLS e piano di simmetria della falla):

$$i_x = (l^3 L)/12 + d^2 S$$

### Elementi della falla

Gli elementi di una falla sono due:

- 1) Portata
- 2) Posizione

La Portata resta definita a partire dalla relazione seguente:

$$P [m^3] = k S (2 g h)^{1/2}$$

$k$  = coefficiente di riduzione della falla (~0,66);

$S$  = superficie della falla ( $m^2$ );

$g$  = accelerazione di gravità ( $9,80665 m/s^2$ );

$h$  = distanza, in metri, dal centro della falla al piano di galleggiamento.

Si può dedurre facilmente che nel caso di una falla circolare, di raggio pari a 0,56m, ad una profondità di 1 metro, risulta:

$$P = k S (2 g h)^{1/2} = 0,66 \cdot 1 \cdot (2 \cdot 9,81 \cdot 1)^{1/2} = 3 m^3/s = 10800 m^3/h$$

che, considerato che i mezzi di esaurimento lavorano grossomodo su due ordini di grandezza in meno, dovrebbe mettere in chiaro la gravità della situazione.

### Le disposizioni della Solas

L'idea è che una nave deve mantenere le caratteristiche essenziali e, in particolare, la galleggiabilità anche con più di un compartimento allagato. Il perché si giustifica con la possibilità di un evento che si manifesti in corrispondenza della paratia stagna tra due compartimenti adiacenti.

A questa situazione si arriva attraverso la creazione di un'opportuna compartimentazione stagna longitudinale, trasversale e verticale (ponti, doppio fondo, casse, paratie), già in sede di progettazione dell'unità.

E' pure evidente che, una volta creatasi una falla, si modifichino tutti i parametri della carena e, in particolare, quelli relativi alla stabilità.

L'acqua entrata attraverso una falla può, tuttavia essere pensata come un imbarco di peso, con conseguente variazione del dislocamento ed aumento dell'immersione.

Da osservare inoltre che le dimensioni della falla sono inversamente proporzionali al tempo a disposizione per "ovviare" all'inconveniente.

Con riferimento al capitolo 2/I della Solas, viene stabilito che:

1. Tutte le navi devono avere un doppio fondo esteso tra la prima e l'ultima paratia stagna (dalla prodiera alla poppiera).
2. In funzione della lunghezza della nave devono esserci altre paratie stagne. La Solas stabilisce, in particolare, la massima distanza tra le paratie stagne in termini di Massima Lunghezza Allagabile (Lal).

## EMERGENZA FALLA

La massima lunghezza allagabile, esprime la massima parte di lunghezza dello scafo che può essere allagata senza che la nave si immerga oltre la Linea Limite, cioè la linea posta a 76mm sotto il ponte stagno (ponte di bordo libero). Questa scelta tiene conto della riduzione di stabilità dovuta ai carichi liquidi.

Appare chiaro che, se i compartimenti avessero una lunghezza pari alla Lal, basterebbe l'allagamento di un unico comparto per raggiungere il Galleggiamento Limite. Esso sarebbe facilmente superato se la falla dovesse verificarsi a cavallo di due paratie.

E' pertanto possibile definire la Lunghezza Ammissibile (Lam), a partire dalla relazione:

$$Lam = Lal F$$

dove F, prende il nome di Fattore di Compartimentazione.

Il fattore di compartimentazione è un numero inferiore all'unità (<1) che è funzione del tipo di nave, del servizio cui è destinata e, ovviamente della sua lunghezza. In sostanza è finalizzato a definire il numero dei compartimenti stagni che deve avere una nave.

Per esempio,

$$F = 0,33 \rightarrow Lam = 0,33 Lal = Lal/3$$

Cioè, la nave rimarrà a galla, fino alla linea limite e quindi con un bordo libero esiguo, ma esistente, anche con tre compartimenti allagati.

### Riparazione della falla

Dall'esercizio di calcolo della portata di una falla fatto in precedenza, è possibile concludere la gravità di questo tipo di emergenza. I mezzi di esaurimento per falle di dimensioni tutto sommato modeste, non saranno mai sufficienti; potranno pertanto essere utilizzati solo per falle piccolissime, ovvero solo dopo che la falla è stata in qualche modo ridotta.

Superata la fase critica, dei primi istanti, occorre procedere ad una opportuna riparazione, la quale, è finalizzata a ridurre la portata della falla ad un valore compatibile con quella dei mezzi di esaurimento. Solo una successiva riparazione in cantiere, oppure attraverso saldature subacquee, si potrà archiviare definitivamente il problema.

L'operazione di riparazione della falla in via provvisoria può essere effettuata utilizzando una delle seguenti tecniche:

1. Tampone - La tecnica del tampone prevede l'applicazione di una pezza all'esterno dello scafo e di una contropezza all'interno, la quale viene successivamente calafatata con della pece. Questa tecnica si utilizza quando la falla non si trova troppo al di sotto della linea di galleggiamento, in condizioni di mare accettabili ed in prossimità del porto di destinazione.
2. Cunei di legno - In caso di piccole falle, l'introduzione di cunei di legno può rappresentare la soluzione migliore per ridurre la portata della falla.
3. Casse di cemento - Le casse di cemento si ottengono con l'uso di cemento a presa rapida cui viene aggiunta della soda la quale, a contatto con l'acqua, solidifica istantaneamente.
4. Paglietto turafalle - Il paglietto turafalle è essenzialmente composto da una tela cerata imbastita su una rete metallica fitta che viene fissata a paratia.

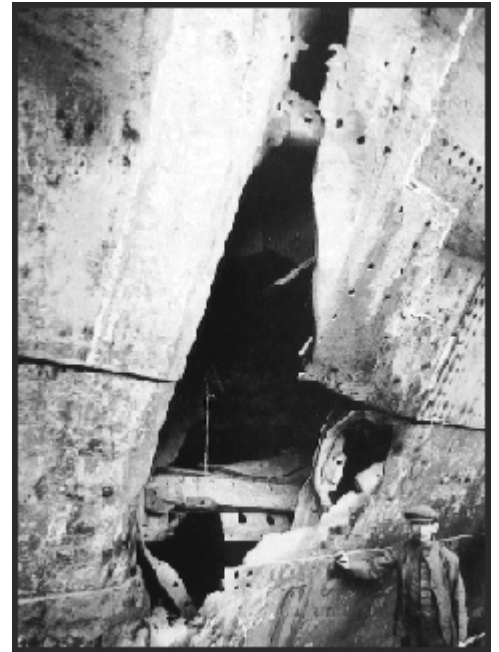


Fig. 6 La falla.

### Solas: capitolo II/1 costruzioni - compartimentazioni e stabilità

#### Regola 2 Definizioni

- Galleggiamento di compartimentazione è il galleggiamento in base al quale viene determinata la compartimentazione della nave;
- Massimo galleggiamento di compartimentazione è quello corrispondente alla massima immersione, secondo le regole applicabili;
- Lunghezza della nave è quella misurata tra le perpendicolari condotte alle estremità del massimo galleggiamento di compartimentazione;
- Larghezza della nave è la massima larghezza fuori ossatura al massimo galleggiamento di compartimentazione o al disotto di esso;
- Immersione è la distanza verticale, al mezzo della nave, dalla linea di costruzione al galleggiamento di compartimentazione considerato;
- Ponte delle paratie è il più alto ponte al quale giungono le paratie stagne trasversali.
- Linea limite è una linea tracciata almeno 76 millimetri (o 3 pollici) al di sotto della faccia superiore del ponte delle paratie a murata.
- Permeabilità di uno spazio è la percentuale del volume di tale spazio che può essere occupata dall'acqua. Il volume di uno spazio che si estende oltre la linea limite dev'essere misurato solamente fino all'altezza di tale linea. Lo spazio dell'apparato motore si estende nel senso verticale dalla linea di costruzione alla linea limite e nel senso longitudinale fra le due paratie stagne trasversali principali estreme che limitano gli spazi occupati dai macchinari di propulsione principali e ausiliari, le caldaie, se vi sono, e tutti i depositi permanenti di carbone. Nel caso di sistemazioni fuori dell'usuale, i limiti dello spazio dell'apparato motore possono essere stabiliti dall'Amministrazione.

## EMERGENZA FALLA

- Spazi dei passeggeri sono quelli destinati ad alloggio o ad altro uso dei passeggeri, esclusi locali per bagagli, per magazzini, per provviste e per la posta. Per l'applicazione delle Regole 4 e 5 gli spazi situati al di sotto della linea limite, destinati ad alloggio o ad altro uso dell'equipaggio, devono essere considerati come spazi dei passeggeri.
- In tutti i casi i *volumi* devono essere calcolati fuori ossatura.

### Regola 3 Lunghezza allagabile

- La lunghezza allagabile in ciascun punto della lunghezza della nave deve essere determinata con un metodo di calcolo che tenga in considerazione la forma, l'immersione e le altre caratteristiche della nave.
- In una nave col ponte delle paratie continuo, per lunghezza allagabile in un determinato punto si intende la massima parte di lunghezza della nave avente il suo centro nel punto considerato e che può essere allagata nelle ipotesi indicate dalla Regola 4 senza che la nave si immerga oltre la linea limite.
- In una nave col ponte delle paratie discontinuo, la lunghezza allagabile in un qualsiasi punto può essere determinata considerando una linea limite continua che non sia in nessun punto a meno di 76 millimetri (o 3 pollici) al di sotto della faccia superiore del ponte a murata, fino al quale le paratie corrispondenti ed i fianchi della nave sono mantenuti stagni.
- Quando una parte della linea limite considerata è sensibilmente al di sotto del ponte a cui arrivano le paratie, l'Amministrazione può autorizzare qualche tolleranza alla tenuta stagna di quelle parti delle paratie che si trovano al di sopra della linea limite e immediatamente al di sotto del ponte superiore.

### Regola 5 Lunghezza ammissibile dei compartimenti

- Le navi devono essere compartimentate il più efficacemente possibile, compatibilmente con la natura del servizio al quale esse sono destinate. Il grado di compartimentazione deve variare con il variare della lunghezza della nave e del servizio cui la nave è destinata, in modo che il più alto grado di compartimentazione corrisponda alle navi di maggiore lunghezza adibite in modo preminente al trasporto dei passeggeri.
- *Fattore di compartimentazione.* - La lunghezza massima ammissibile di un compartimento che ha il suo centro in qualsiasi punto della lunghezza dello scafo è ottenuta moltiplicando la massima lunghezza allagabile per un appropriato coefficiente chiamato *fattore di compartimentazione*.

Il fattore di compartimentazione dipende dalla lunghezza della nave, e, per una data lunghezza, varia a seconda della natura del servizio cui la nave è destinata. Esso decresce in modo continuo e regolare:

- coll'aumentare della lunghezza della nave, e
- da un valore A, applicabile alle navi adibite in modo preminente al trasporto delle merci, ad un valore B, applicabile alle navi adibite in modo preminente al trasporto dei passeggeri.

Le variazioni dei valori A e B sono espresse dalle seguenti formule (I) e (II), nelle quali L è la lunghezza della nave, come è definita dalla Regola 2....

*OMISSIS*

### Regola 10 Doppi fondi

- Il doppio fondo deve estendersi dalla paratia del gavone di prora alla paratia del gavone di poppa per quanto ciò sia possibile e compatibile con le caratteristiche costruttive ed il normale esercizio della nave.
  - Nelle navi di lunghezza di almeno 50 metri (165 piedi) ed inferiore a 61 metri (200 piedi) deve essere sistemato un doppio fondo che si estenda almeno dalla paratia prodiera dello spazio destinato all'apparato motore sino al gavone di prora, o quanto più vicino possibile.
  - Nelle navi di lunghezza di almeno 61 metri (200 piedi) ed inferiore a metri 76 (249 piedi), deve essere sistemato un doppio fondo almeno fuori dei locali dell'apparato motore e che deve estendersi alle paratie del gavone di prora o di poppa, o quanto più vicino possibile;
  - Nelle navi di lunghezza eguale o superiore a 76 metri (249 piedi), deve essere sistemato un doppio fondo al mezzo e che si estende fino alle paratie dei gavoni di prora e di poppa, o quanto più vicino possibile.

*OMISSIS*

### Riferimenti Bibliografici

- ❑ Ciampa "I servizi ausiliari di bordo" Vol. I Ed. Liguori, Napoli
- ❑ Ciampa "I servizi ausiliari di bordo" Vol. II Ed. Liguori, Napoli
- ❑ Istituto Idrografico della Marina "Manuale dell'Ufficiale di Rotte"
- ❑ Mannella "Elementi di tecnica navale" Ed. Mursia
- ❑ Mannella "Normative di sicurezza marittima" Ed. Mursia
- ❑ Petronzi, Vecchia, Formisano "Teoria e tecnica delle navi" Ed. Vingiani, Napoli
- ❑ [www.imo.org](http://www.imo.org)
- ❑ [www.leganavale.it](http://www.leganavale.it)