

STABILITÀ DEI SOMMERGIBILI

In un corpo completamente immerso, la condizione di equilibrio stabile si realizza esclusivamente quando il baricentro G è situato al di sotto del centro di spinta C , detto anche centro di carena.

In questa situazione, la stabilità posseduta dal corpo è definita **stabilità di peso**. Questo principio fisico regola l'equilibrio dei sommergibili quando navigano in immersione.

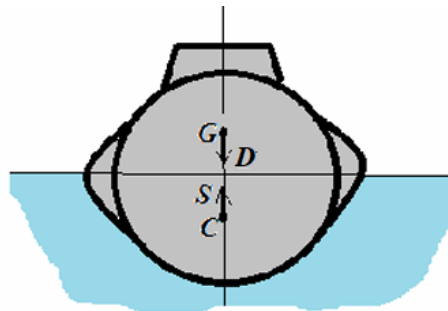
ANALISI DELLE FASI DI NAVIGAZIONE

1. Navigazione in superficie

Quando il sommergibile si trova in superficie (ovvero con una parte dello scafo e la torretta al di sopra del pelo libero del mare), si comporta a tutti gli effetti come una nave comune. In questa circostanza, la stabilità dipende dalla mutua posizione di tre punti fondamentali:

- **baricentro G ,**
- **centro di spinta C ,**
- **metacentro M .**

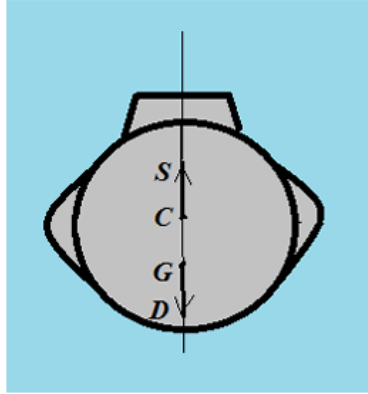
In superficie il sommergibile sfrutta quindi la stabilità “di forma”, legata al fatto che la carena cambia forma quando il mezzo si inclina.



2. Fase di immersione (transizione)

Durante il processo di immersione progressiva, le casse di zavorra vengono allagate. Man mano che lo scafo si immerge, il centro di spinta C si sposta verso l'alto lungo l'asse di simmetria verticale.

Il momento più delicato si verifica quando la **torretta** (detta anche “**vela**” perché, esposta al vento, la sua ampia superficie laterale subisce l'effetto “vela” in senso letterale. Il vento forte che spinge sulla torretta può far deviare il sottomarino, e i timonieri devono compensare al timone esattamente come farebbero su una barca a vela.) **inizia a immergersi**: in questa fase la stabilità di forma svanisce rapidamente. Per evitare condizioni di instabilità pericolose, il sommergibile è progettato in modo tale che, prima del completamento dell'immersione, il baricentro G si trovi già stabilmente al di sotto del centro di spinta C .

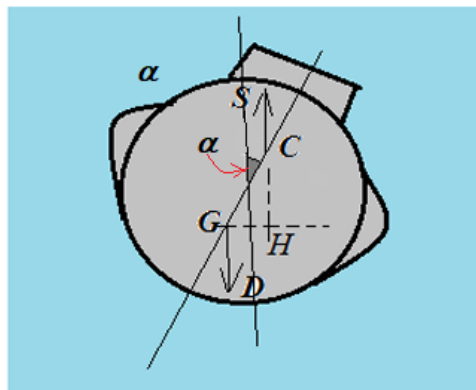


La discesa del sommergibile si arresta alla quota desiderata nel momento esatto in cui la forza peso P e la forza di spinta idrostatica S si equivalgono perfettamente in intensità: $P = S$.

IL MOMENTO DI STABILITÀ IN IMMERSIONE

Supponiamo ora che, a causa di una qualunque forza esterna (come una virata o correnti sottomarine), il sommergibile in immersione subisca uno sbandamento trasversale di un angolo α , allontanandosi dalla posizione dritta.

Essendo il corpo interamente immerso, la forma della carena non varia e il centro di spinta C rimane fisso nella sua posizione geometrica all'interno dello scafo. A causa dell'inclinazione, però, C e G non si trovano più sulla stessa linea verticale, ovvero il centro di spinta ed il baricentro ruotano attorno all'asse baricentrico longitudinale del sommergibile così da non trovarsi più sulla stessa verticale



pertanto danno luogo ad una coppia il cui momento è

$$M = D \cdot \overline{GH}$$

La forza peso D (applicata in G e rivolta verso il basso) e la forza di spinta S (applicata in C e rivolta verso l'alto) agiscono ora su due verticali distinte, generando una **coppia di forze raddrizzante**.

Definendo a come la distanza verticale tra il centro di spinta C e il baricentro G ($\overline{CG} = a$), il braccio \overline{GH} della coppia raddrizzante è pari a:

$$\overline{GH} = a \cdot \sin \alpha$$

Moltiplicando questo braccio per il dislocamento D (ovvero il peso totale del mezzo), si ottiene il **momento di stabilità trasversale M** :

$$M = D \cdot a \cdot \sin \alpha$$

Da quanto esposto, la coppia che si genera quando si fa sbandare un sommergibile completamente immerso (con G posizionato sotto C) ha sempre un effetto raddrizzante. A differenza di quanto avviene per le navi di superficie, questa capacità di raddrizzarsi non riceve alcun contributo dalla forma dello scafo, ma dipende esclusivamente dalla **coppia di stabilità di peso**.

CONCLUSIONE

Per una nave:

- **opera viva (o carena)** è la parte dello scafo che rimane immersa sotto la linea di galleggiamento (parte vulnerabile);
- **opera morta** è la parte dello scafo che si trova sopra la linea di galleggiamento.

Per un sommergibile.

Quando un sottomarino si immerge completamente, **tutto lo scafo diventa opera viva** (poiché è interamente immerso), di conseguenza, l'opera morta sparisce temporaneamente.

Dire però che per questo motivo è “tutta carena e quindi vulnerabile” è un piccolo errore di valutazione che spesso trae in inganno. In realtà, per un sottomarino essere interamente “opera viva” è il suo **massimo punto di forza e di protezione**, non di vulnerabilità.

Di seguito i tre fattori che cambiano completamente le carte in tavola rispetto a una nave:

- **lo scafo resistente**: a differenza di una nave (dove il fasciame dell'opera viva è spesso la più sottile e vulnerabile ai siluri), un sottomarino moderno è costruito con un doppio scafo; all'interno c'è lo **scafo resistente**, un cilindro d'acciaio ad altissima resistenza (o titanio) progettato per sopportare pressioni enormi e la parte esterna (lo scafo leggero) serve solo a dare la forma idrodinamica;
- **l'invisibilità**: una nave ha l'opera viva vulnerabile perché se viene colpita lì, l'acqua entra per gravità e può affondarla; un sottomarino sott'acqua è protetto dal suo elemento: l'acqua stessa lo nasconde alla vista, ai radar e rende difficile il tracciamento anche ai sonar;
- **la gestione dei pesi**: un sottomarino non “galleggia” nel modo classico quando è immerso; gioca con l'equilibrio idrostatico, grazie alle casse zavorra e ai ritagli (nei sottomarini, le **casse di ritaglio** sono piccoli serbatoi usati per regolare il peso e l'inclinazione del mezzo, permettendogli di restare perfettamente sospeso sott'acqua). Se subisce un piccolo danno, può compensarlo alleggerendosi, cosa che una nave normale non può fare con la stessa flessibilità.

In sintesi: è vero che sott'acqua il sottomarino è composto da sola opera viva, ma questa “carena totale” è corazzata e progettata specificamente per vivere e difendersi proprio lì sotto, rendendolo uno dei mezzi più difficili da colpire e si comporta alla stregua di una bilancia ad alta precisione.