

**DETERMINAZIONE DELLA
RESISTENZA DELLE APPENDICI
E DELLA RESISTENZA D'ARIA**

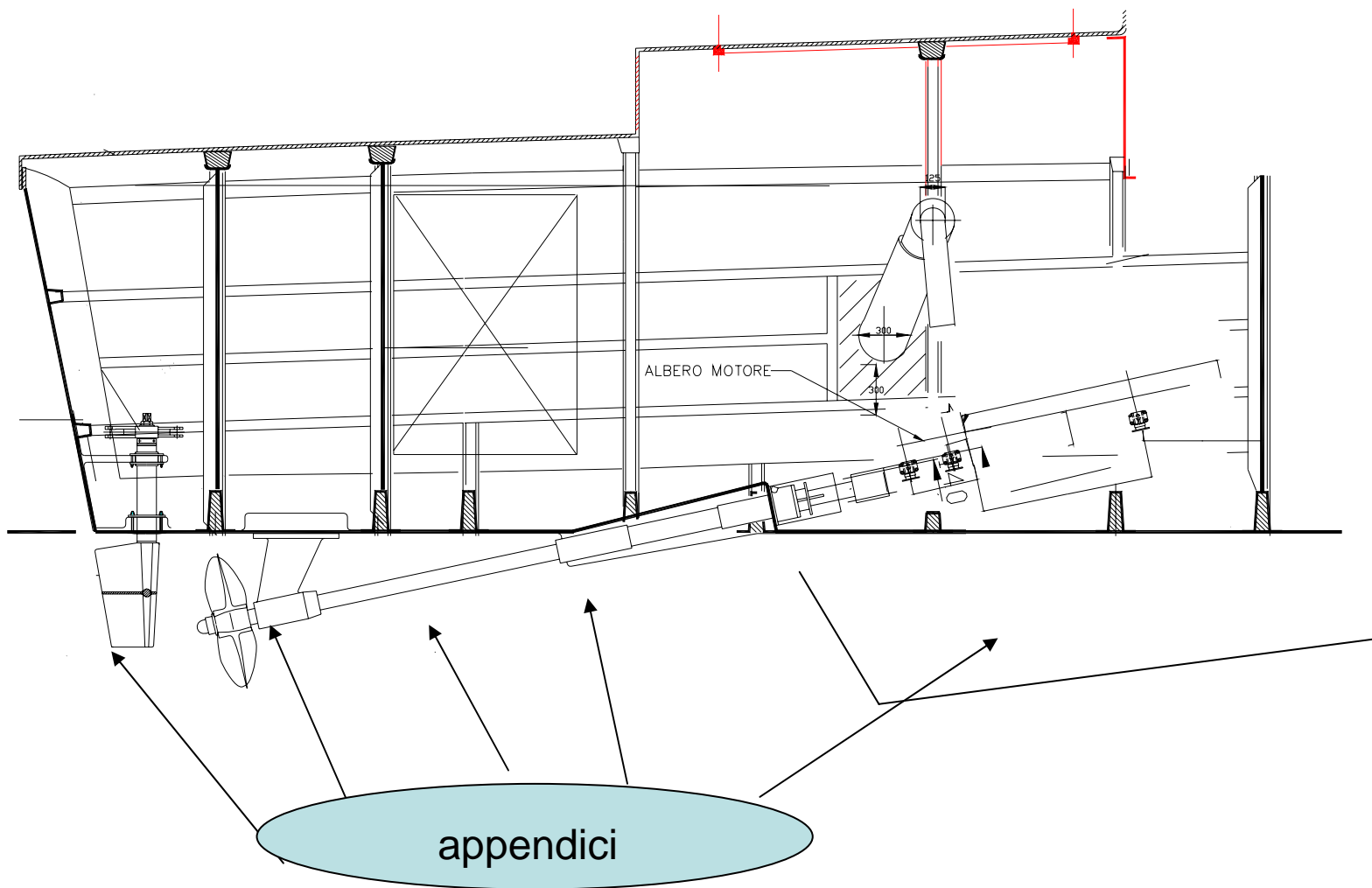
SCOMPOSIZIONE DELLA RESISTENZA

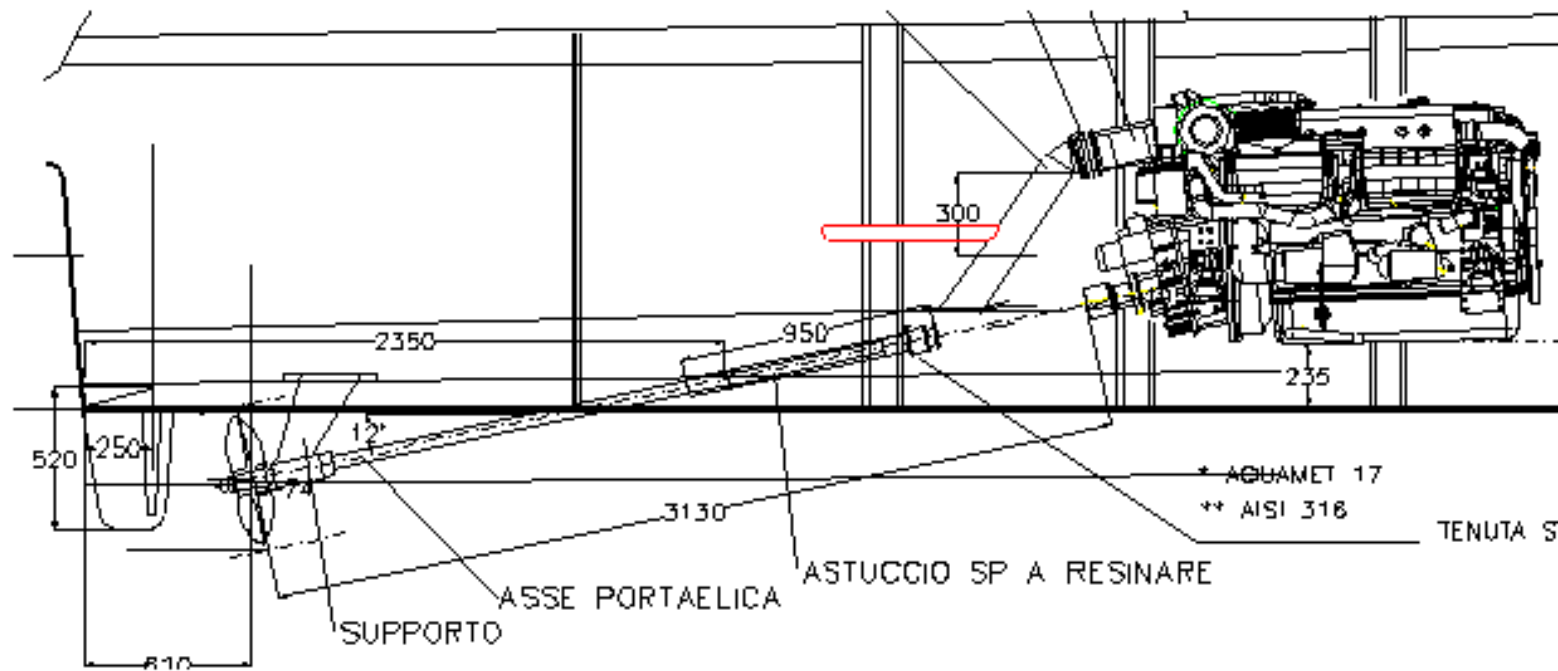
- RESISTENZA DELLA CARENA NUDA
- RESISTENZA DELLE APPENDICI
- RESISTENZA D'ARIA
- RESISTENZA PARASSITA

APPENDICI DELLA CARENA

- ASSE PORTAELICA
- BRACCETTI (CAVALLETTI) DI SOSTEGNO DEGLI ASSI
- TIMONE
- SKEG (PINNA DIAMETRALE, DERIVA)
- ALLETTE ANTIROLLIO, ETC.

Resistenza delle appendici di carena







NON SONO CONSIDERATE APPENDICI

- ELICHE
- LE APERTURE A SCAFO PER PRESE E SCARICHI
- CORRETTORI DI ASSETTO
- PATTINI
- PIEDE DEL MOTORE FUORIBORDO

IL CONTRIBUTO DI RESISTENZA DELLE APPENDICI NELLA RESISTENZA TOTALE

- LA RESISTENZA DI OGNI APPENDICE PUO' SCOMPORSI IN:
 - RESISTENZA DI PRESSIONE
 - RESISTENZA DI ATTRITO
- LA RESISTENZA DI PRESSIONE E' COMPOSTA QUASI ESCLUSIVAMENTE DA *RESISTENZA DI PRESSIONE VISCOSA* (RESISTENZA DI FORMA)

*LE APPENDICI SONO IMMERSE E NON DANNO
LUOGO A FORMAZIONE ONDOSI*

LE RESISTENZE DI FORMA E DI ATTRITO DELLE APPENDICI

- SONO FUNZIONI DI FORZE INERZIALI \Rightarrow
DIPENDONO DALLA VISCOSITA' DELL'ACQUA $\Rightarrow R_N$
- LA RESISTENZA DI ATTRITO E' PREVALENTE
QUANDO L'APPENDICE SI ESTENDE NOTEVOLMENTE
LUNGO LA DIREZIONE DEL FLUSSO (SKEG, ASSE
PORTAELICA)
- LA RESISTENZA DI FORMA E' PREVALENTE QUANDO
L'APPENDICE E' POCO ESTESA NELLA DIREZIONE
DEL FLUSSO O E' ANGOLATA RISPETTO AD ESSO
(BRACCETTO DI SOSTEGNO DELL'ASSE PORTAELICA)

DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA DELLE APPENDICI

- PROVE IN VASCA DELLA CARENA NUDA E DELLA CARENA CON LE APPENDICI
- PROVE DI UNA APPENDICE CONSIDERATA ISOLATA
- FORMULE EMPIRICHE
- CFD

RESISTENZA DELLA PINNA (SKEG)

$$D_{SKEG} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2 \cdot C_F \cdot A_{SKEG}, \text{ (N)}$$

Dove:

V_m - velocità media del flusso nella zona della appendice,
si può considerare uguale alla velocità della nave (m/s)

C_F - coefficiente di attrito riferito alla lunghezza media
della pinna

A_{SKEG} - superficie di tutti e due lati della pinna (m²)

RESISTENZA DELL'ASSE PORTAELICA

gli assi portaelica generalmente sono inclinati rispetto al flusso

per i numeri di Reynolds $< 5 \cdot 10^5$ (basato sul diametro di asse)

Hoerner (1965) ricava l'espressione:

$$D_{SHAFT} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot L_{SH} \cdot d \cdot v^2 \cdot (1.1 \cdot \sin^3 \varepsilon + \pi \cdot C_F), \text{ (N)}$$

Dove:

L_{SH} - lunghezza totale **esposta** dell'asse portaelica (m)

d - diametro di asse portaelica (m)

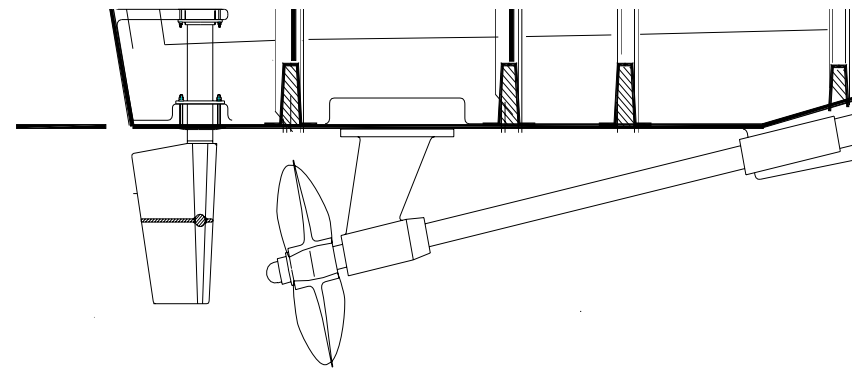
v - velocità della nave (m/s)

ε - angolo di inclinazione di asse rispetto al flusso ($^\circ$)

RESISTENZA DI SUPPORTO DELL'ASSE PORTAELICA

Il supporto dell'asse portaelica si compone di 3 elementi:

1. Piastra di fissaggio allo scafo
2. **Il braccetto a profilo alare**
3. La boccia entro cui ruota l'asse



IL BRACCETTO A PROFILO ALARE

Le appendici che si sviluppano limitatamente in senso longitudinale (quali TIMONE, BRACCETTO DI SOSTEGNO DELL'ALBERO (singoli o a cavalletto), PINNE STABILIZZATRICI, ECC), aventi forma a profilo alare o di piastra sottile si possono calcolare secondo:

1. Espressione di Peck
2. Espressione di Hoerner

Formula di Peck

$$D = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_F \cdot \left(1.25 \cdot \frac{c}{c_f} + \frac{S}{A} + 40 \cdot \left(\frac{t}{c_a} \right)^2 \right), \text{ (N)}$$

Dove:

S - superficie bagnata (m^2)

v - velocità (m/s)

C_F - coefficiente d'attrito con numero di Reynolds riferito alla lunghezza della corda c

c - lunghezza della corda = $c_a + c_f$, (m)

A - area frontale della sezione massima (m^2)

t - spessore massimo (m)

Commento:

la velocità v è assunta:

1. pari a quella della nave per tutte le appendici a monte dell'elica
2. pari a 1.1 della velocità della nave per tutte le appendici a valle dell'elica (*TIMONE*)

Formula di Hoerner

$$D = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_P \cdot v^2 \cdot 2 \cdot (C_F + 0.0008) \cdot \left(1.2 \cdot \frac{t}{c} + 1 \right), \text{ (N)}$$

Dove:

A_P - area proiettata dell'appendice (m^2)

v - velocità (m/s)

C_F - coefficiente d'attrito di Schoenherr riferito all'appendice (usiamo oggi ITTC 57)

t - spessore massimo (m)

c - lunghezza della corda = $c_a + c_f$, (m)

ALETTE ANTIROLLIO (BILGE KEEL)

La resistenza delle alette antirollio è composta da due aliquote:

1. Resistenza dovuta all'attrito della aletta
2. Resistenza dovuta all'interferenza tra aletta e la carena

Nel caso di aletta costituita da una lastra piana la resistenza è solo quella di attrito e viene calcolata attraverso:

$$D = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_F, \text{ (N)}$$

Mentre nel caso di aletta costituita da un corpo con sezione a cuneo viene calcolata con:

$$D = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot C_F \cdot \left(2 - \frac{2 \cdot z}{x + y} \right), \text{ (N)}$$

concludendo

- La resistenza delle appendici è importante per il naviglio minore, molto importante per quello a sustentamento idrodinamico dove le appendici sono esposte rispetto alla carena
- All'aumentare delle velocità relative la resistenza delle appendici diventa sempre più importante sul totale
- Per F_n 0.8-1.6 e' pari al 6-10% di RT
- Per F_n maggiori puo' arrivare al 25% di RT

Questa e' la ragione per cui imbarcazioni molto veloci usano configurazioni dell'insieme propulsore/timone in cui la resistenza delle appendici è trascurabile o nulla (es. eliche di superficie e idrogetto)

RESISTENZE PARASSITE

- Sono dovute a tutte le aperture in carena per prese d'acqua di mare (raffreddamento dei motori, pompe antiincendio, servizi igienici, ecc) e per scarichi in mare (se presenti in carena)
- Anche resistenze prodotte dagli anodi a scafo
- Rispetto alle altre resistenze primarie questa è di gran lunga la più piccola anche perché la tecnologia di questi accessori si è molto perfezionata
- PER IMBARCAZIONI IN SOSTENTAMENTO IDRODINAMICO E' CONSUETUDINE CONSIDERARLA PARI ALL'1% DELLA RT

RESISTENZA DELL'ARIA E DEL VENTO



RESISTENZA DI ARIA E DI VENTO

- Resistenza d'aria è quella che una nave incontra nel muoversi con moto rettilineo nell'aria perfettamente calma
- Resistenza del vento è quella che una nave incontra nel muoversi con moto rettilineo nell'aria nella quale è presente un vento costante per direzione ed intensità

RESISTENZA DI ARIA E DI VENTO 2

Per navi dislocanti questa componente e' trascurabile rispetto alla RT e viene calcolata solo in casi particolari (es. navi militari molto veloci)

Per navi e imbarcazioni in sostentamento idrodinamico è invece molto importante nel computo della RT

(a causa delle importanti sovrastrutture, a causa della fuoriuscita dello scafo dall'acqua e infine a causa del fatto che il sostentamento ha diminuito moltissimo la resistenza d'onda mentre quella d'aria aumenta con il quadrato della velocità)

RESISTENZA DI ARIA

La forza di pressione di aria è:

$$F = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot v^2 \cdot K, \text{ (N)}$$

Nel caso di vento(aria) di prua o di poppa si ha $K = 1.18$

Nel caso di vento(aria) di prua si può usare anche la formula di G.S. Baker dove A_{TP} e A_{TS} sono le aree proiettate della sovrastruttura e della parte emersa dello scafo rispettivamente

$$R_{AA} = 0.0012 \cdot [3.3 \cdot A_{TP} + A_{TS}] \cdot v^2, \text{ (libbre)}$$