Paolo Di Candia

Appunti di SCIENZE DELLA NAVIGAZIONE E TECNOLOGIE NAVALI 1-II

PREFAZIONE

La Riforma della Scuola Secondaria Superiore, giunta al terzo anno di Corso, ha previsto per gli Istituti Tecnici ad Indirizzo Tecnologico, la confluenza degli ex "Nautici" in Istituti Statali per i *Trasporti e la Logistica.* Il Piano di studi ministeriale, nell'Articolazione *"Conduzione del Mezzo Navale"* presenta, al II Biennio e al V Anno, la disciplina denominata *"Scienze della Navigazione, Struttura e Costruzione del Mezzo-Nave".*

Una riflessione indietro nel tempo, conduce a ricordare che già nelle precedenti miniriforme, Sperimentali ed Assistite, per l'Istruzione Nautica (Progetto "ORIONE" 1982, Progetto "NAUTILUS" 1992), le materie tecnico-scientifiche di Indirizzo avevano subito modifiche nella nomenclatura rispetto all'Ordinamento precedente (1961), alterando di poco i contenuti e gli obiettivi di apprendimento, aggiornandoli, ma distribuendoli diversamente nel Biennio di Specializzazione (IV e V classe – Trasporto Marittimo ed Apparati e Impianti Marittimi).

Alla neonata trans-disciplina *"Scienze della Navigazione, Struttura e Costruzione del Mezzo-Nave",* si esprime un giudizio *non positivo* per il numero delle ore settimanali assegnate nel triennio, e un parere favorevole della visione unitaria, in quanto la *"Navigazione",* intesa come l'attività di conduzione del Mezzo-navale, richiede delle *Competenze* ben definite dalle Convenzioni Internazionali (STCW 1978/95), le quali non distinguono più le *Abilità* da conseguire per discipline. Del resto, l'obiettivo principale da raggiungere nella conduzione della Nave, nell'attività del Trasporto, è la Sicurezza negli spostamenti, unitamente al fattore economia dell'intera traversata.

Ciò non può prescindere dalle responsabilità e idoneità dell'*Ufficiale di Navigazione,* il quale deve possedere e, quindi, conseguire Conoscenze sulla *Struttura della Nave* e le sue *dotazioni tecnologiche*, e saperi che riguardano lo studio dello *stato del mare* e dell'*aria*, in quanto essi sono i *mezzi fisici* in cui vengono espletati i viaggi marittimi.

Allora è facile comprendere come la Scienza della Navigazione, intesa anche come Governo e Pilotaggio del Mezzo-Nave e inseguimento di una prestabilita Rotta, comprenda le problematiche della *Tecnica dei Trasporti Marittimi* per la gestione del carico, e del *Tempo Meteorologico* per la Sicurezza della Navigazione.

Queste considerazioni spiegano l'elaborazione degli Appunti "SCIENZE DELLA NAVIGAZIONE E TECNOLOGIE NAVALI" nella stesura ivi riportata, anche se si è mantenuto la distinzione in tre Parti, e ciò solo per motivi organizzativi della nuova disciplina. Quanto alla programmazione didattica per *"Competenze in esito",* esse sono impostate secondo la Direttiva delle Linee Guida Ministeriale, in maniera rigorosa e dettagliata.

In Particolare, nello sviluppo del presente modulo, si è cercato di illustrare i contenuti inerenti al conseguimento della *Competenza in esito N°1 "IDENTIFICARE, DESCRIVERE E COMPARARE TIPOLOGIE E FUNZIONI DEI VARI MEZZI E SISTEMI DI TRASPORTO",* e quelli relativi alla *Competenza in esito N°3 "GESTIRE LA LOGISTICA DEL MEZZO NAVALE" (GESTIRE IN MODO APPROPRIATO GLI SPAZI A BORDO E ORGANIZZARE I SERVIZI DI CARICO E SCARICO, DI SISTEMAZIONE DELLE MERCI E DEI PASSEGGERI),* meglio esplicitate nelle sezioni che seguono.

Manfredonia, Settembre 2012

Prof. Paolo Di Candia

STRUTTURA
E
COSTRUZIONE NAVALE

(Royal Caribbean) - M/S "OASIS OF SEAS" in costruzione

Il presente e-book è stato realizzato senza fini di lucro; il suo contenuto può essere distribuito e usato liberamente per finalità didattiche e divulgative. Le immagini utilizzate sono, in gran parte, di pubblico dominio e disponibili in rete. Nel rispetto della vigente legislazione, non si intende violare alcun copyright. Eventuali marchi registrati sono di proprietà dei rispettivi titolari. È rigorosamente vietato l'utilizzo e la diffusione a fini commerciali.

"Se Pitagora avesse posto il copyright sulle sue tabelline non saremmo mai arrivati sulla Luna" (Pelagusplus)

SISTEMI DI TRASPORTO E TECNOLOGIE DELLA NAVE

COMPETENZA IN ESITO N° 1
IDENTIFICARE, DESCRIVERE E COMPARARE TIPOLOGIE E FUNZIONI DEI VARI MEZZI E SISTEMI DI TRASPORTO

Abilità	1.1 - Confrontare i diversi mezzi e sistemi di trasporto anche in rapporto alla tipologia degli spostamenti. 1.2 - Riconoscere le diverse infrastrutture portuali per le diverse tipologie di mezzi e di merce da trasportare. 1.3 - Distinguere le differenti modalità di locomozione per i mezzi di trasporto per via d'acqua.
Conoscenze	▪ Ciclo del trasporto: mezzi di trasporto, caratteristiche strutturali e funzionali. ▪ diversi metodi di trasporto, le caratteristiche specifiche dei relativi mezzi e degli insiemi che li costituiscono. ▪ Porti ed interporti: strutture e correlazioni. ▪ I sistemi di locomozione dei mezzi di trasporto marittimi e loro comparazione.
Contenuti	- Innovazione tecnologica nei trasporti. - Classificazione dei trasporti delle merci. - I porti. - La nave: qualità nautiche ed essenziali. - Tipi di navi. - La propulsione navale.

L'INNOVAZIONE TECNOLOGICA NEI TRASPORTI

Per comprendere pienamente l'*evoluzione tecnologica dei trasporti* è utile fare una riflessione sul passato.
Nel periodo antecedente la ***I Rivoluzione industriale (fine '700)*** l'industria era fondata sull'***energia naturale*** (idraulica, eolica)***.*** Il trasporto veniva effettuato attraverso *i canali navigabili* e per mezzo della *navigazione a vela*, che ha resistito fino alla fine del *XIX secolo* sulle rotte transoceaniche.

L'introduzione della ***macchina a vapore*** (il vapore veniva prodotto con la combustione di carbone) nella produzione industriale e nell'attività di trasporto, modificò il ***trasporto marittimo***, rendendo regolari i viaggi e indipendenti dal regime dei venti (trade winds).
Nel ***trasporto terrestre*** la *nascita della ferrovia* accompagnò tutto il *XIX secolo,* favorendo l'abbassamento del *costo* del trasporto, l'espansione del *commercio internazionale* e interno, la nascita delle stazioni *(operazioni terminali),* lo sviluppo di grandi città lontane dal mare e dalle vie d'acqua navigabili.

Con la ***II Rivoluzione industriale*****,** verso la *fine del XIX secolo*, si ebbe una nuova fase di innovazioni tecnologiche che rivoluzionarono la struttura produttiva e il trasporto in particolare:

- motore a combustione interna
- motore elettrico
- telefono.

Iniziò una inversione di tendenza: si ebbe la ***distribuzione attività produttive su aree vaste e non più attorno a grandi scali (porti, stazioni).***

1. ***Motore elettrico:*** venne sfruttato nel ***tram*** per il trasporto dei passeggeri. Vennero realizzate di piccole unità produttrici.
2. ***Telefono:*** permise lo scambio di informazioni senza spostarsi.
3. ***Motore a combustione interna:*** venne utilizzato nella *trazione stradale,* ***corriere*** (trasporto passeggeri), ***autocarro*** (trasporto merci).

In generale, l'*innovazione tecnologica* nel settore dei trasporti può essere classificata secondo ***due gruppi di fenomeni:***

- ***perfezionamento delle tecnologie esistenti****:* (p. es. l'impiego della *turbina a vapore* nella *propulsione navale*, l'introduzione di *carichi unitizzati* (pallets e containers) nel trasporto di *merci varie; produzione di servizi* prima non ottenibili a costi diversi.
- **progresso tecnologico:** *innovazione di processo,* nuove tecniche capaci di produrre gli stessi prodotti; *innovazioni di prodotto,* nuove tecniche per produrre nuovi prodotti.

Tali fenomeni non si adattano facilmente al *trasporto,* inteso come *spostamento di persone* e di *merci* tra punti diversi dello spazio economico.
I progressi della *siderurgia* e il progresso tecnologico nell'*architettura navale* hanno consentito nel campo dei trasporti marittimi l'altra grande innovazione: la costruzione di ***scafi metallici,*** in luogo di quelli in legno, *navi più leggere, aumento delle dimensioni, maggiore durata.*
Con il motore a ***combustione interna*** si sostituì il *carbone* con *combustibili liquidi* (gasolio), con grandi vantaggi nelle operazioni di bunkeraggio.
Per molto tempo si impiegarono le *turbine a vapore* nella propulsione navale, praticamente fino agli anni '70. Ulteriori progressi del *motore Diesel* (lenti giri), permisero di realizzare apparati motori più convenienti per le navi mercantili.

Alle *riduzioni di costo* del trasporto, conseguite per effetto dell'aumento delle dimensioni delle navi e del loro alleggerimento, del progresso degli apparati motori ed ella forma degli scafi, si aggiunsero i vantaggi derivanti dalla ***specializzazione delle navi:*** appositamente progettate per il trasporto di un determinata *categoria di merci,* con forti riduzioni dei costi e delle operazioni terminali nei *porti.*

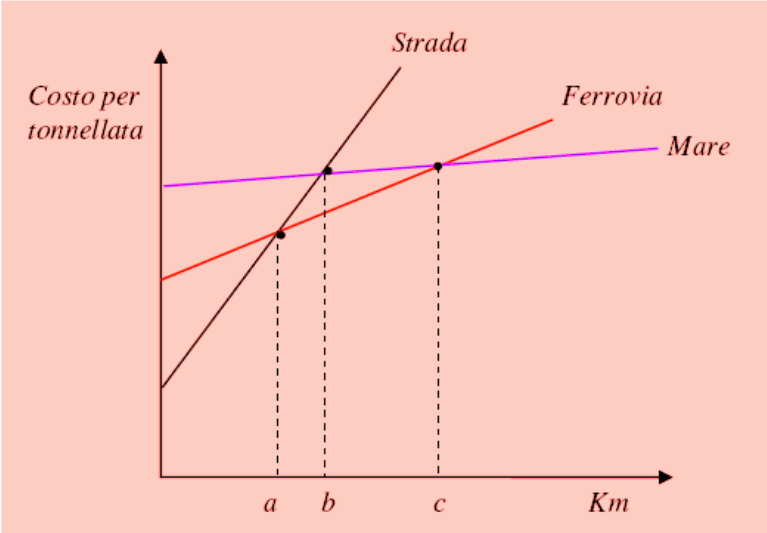
Ma la vera ***rivoluzione industriale del trasporto*** si ebbe quando fu possibile realizzare la ***navigazione aerea.*** Lo sviluppo del trasporto aereo ha contribuito enormemente al *processo di integrazione* dell'*economia mondiale* (trasmissione di notizie, dati e immagini).
Come tutti i processi innovativi, anche per la navigazione aerea i prezzi del servizio furono inizialmente elevati. In seguito, con la maggiore diffusione, il progresso tecnologico permise l'abbassamento dei *costi di produzione.*
I progressi riguardarono la ***velocità*** (applicazione della *turbina a gas* nel II° dopoguerra) e la ***capacità di carico.***
Lo sviluppo della **navigazione aerea** provocò prima la *contrazione* e dopo la *scomparsa* delle *navi passeggeri di linea* su lunghe distanze (nonostante l'aumento della velocità e il miglioramento del servizio).

L'innovazione tecnologica nel **settore ferroviario,** con la *trazione elettrica,* fu possibile il *controllo* e il *segnalamento* (introduzione della *telematica*).
Notevole influenza nei trasporti l'esercitò *l'**elettronica,*** nel *trasporto aereo e marittimo:* l'introduzione di *elaboratori di rotta,* sugli *apparati di Sicurezza* e di *controllo e automazione.*
Con il perfezionamento delle *Telecomunicazioni* si ebbe un aumento della capacità di trasmissione di informazioni, una modifica della *domanda di trasporto* (telex, ecc.).

CLASSIFICAZIONE DEI TRASPORTI DELLE MERCI

Il problema del trasporto sorge ogni volta che vi è necessità o convenienza a trasferire le partite di merci nello spazio, cioè da un luogo a un altro. Esso ha dei riflessi di *carattere tecnico* e dei riflessi di *carattere economico.*
Sul *piano tecnico* dobbiamo osservare che, a seconda del tipo di percorso, della maggiore o minore distanza e dei caratteri delle merci, il trasporto viene effettuato con mezzi diversi. Vi sono pertanto trasporti per *via terrestre* (a mezzo di autocarro e a mezzo ferrovia), per *via aerea* e per *via navigabile* (marittimi e di navigazione interna). Per *merci particolari,* inoltre, come quelle *liquide* o *deperibili,* occorre far ricorso a mezzi dotati di speciali caratteristiche (mezzi isotermici, frigoriferi, cisterne, ecc.).
Sul *piano economico* i trasporti generano determinati *costi* e determinati *rischi.* I *costi* derivano dal servizio di trasferimento delle merci, i *rischi* derivano dalla possibilità che circostanze o avvenimenti avversi si verifichino durante il trasporto provocando danneggiamenti, avarie, ritardi, ecc.
I costi e i rischi sono in relazione al *mezzo di trasporto* che viene impiegato, essendo essi molto diversi a seconda che si ricorra ad *autocarri,* alla *ferrovia,* ad *aerei* oppure a *navi.*
Possiamo pertanto classificare i trasporti di merci nel modo seguente:

1. ***trasporti per via terrestre,*** che a loro volta si distinguono in trasporti *automobilistici* e *trasporti ferroviari;*
2. ***trasporti aerei,*** la cui importanza è notevolmente accresciuta proprio negli anni più recenti;
3. ***trasporti per via navigabile,*** che è possibile dividere in *trasporti marittimi* e *trasporti idroviari* e *lacuali.*



Il grafico presentato mostra come il trasporto stradale presenti costi di terminale (intercetta verticale) relativamente bassi e costi di trasferimento dipendenti dalla distanza che, dopo la soglia ***a****, superano quelli della ferrovia, i quali, dopo la soglia* ***c****, superano quelli del trasporto marittimo. Ne discende che il trasporto su gomma risulta conveniente sulle brevi distanze, quello ferroviario su quelle intermedie, quello navale su quelle lunghe.*

I DIVERSI SISTEMI DI TRASPORTO

I vari mezzi di trasporto (ferrovie, automezzi, aerei, navi) sono tra loro *concorrenti* e *complementari.* A seconda del tipo di *percorso,* della maggiore o minore *distanza,* delle *caratteristiche delle merci,* del *costo del trasporto,* della *velocità,* dei *tempi* e delle *modalità di consegna* può essere più conveniente la scelta di un mezzo piuttosto che di un altro.

Il trasporto automobilistico su strada

In Italia e nell'intera Unione Europea è notevolmente maggiore del trasporto ferroviario; esso è stato particolarmente favorito dallo sviluppo stradale ed autostradale, dalla crescita industriale, dal sorgere di molte piccole aziende di trasporto a carattere individuale in forte concorrenza tra loro, dai servizi offerti.
Il trasporto stradale, nelle brevi e medie distanze, è in grado di fornire un servizio *"porta a porta"* (capillarità distributiva); non richiede il *trasbordo* della merce, limitando così il rischio di danneggiamento del carico e quindi anche il costo degli imballaggi; presenta un'elevata flessibilità, considerate le numerose possibilità di scelta circa i percorsi da seguire.

Il trasporto ferroviario

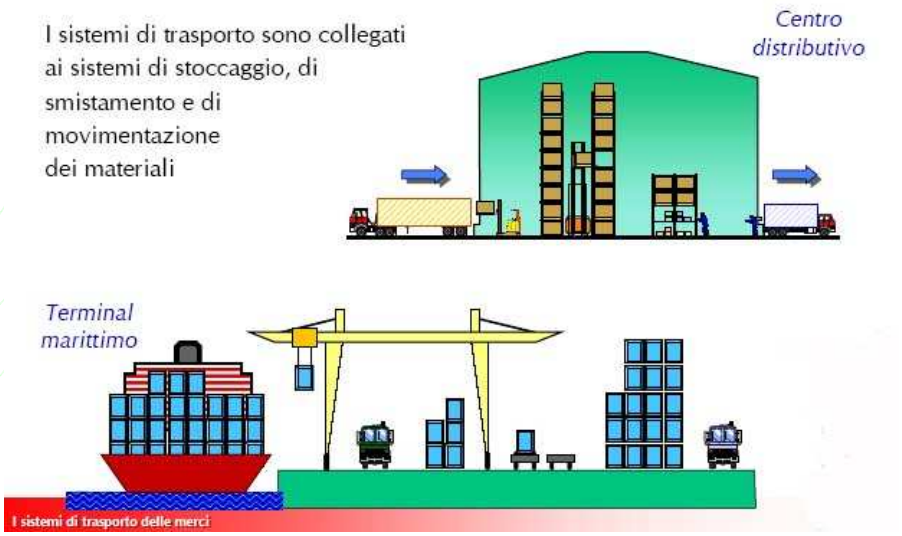
Sotto l'aspetto del *consumo energetico* e del *costo per unità di traffico,* il trasporto su rotaia è molto più conveniente di quello su strada. Progetti di potenziamento e di ammodernamento rivolti a rendere più scorrevole il traffico delle merci con l'utilizzo di diversi tipi di *carri specializzati* (come quelli frigoriferi, quelli per il trasporto di contenitori, ecc.)

Il trasporto aereo

Presenta il vantaggio della *velocità* e l'inconveniente del *costo elevato;* si addice al trasporto di merci leggere e poco ingombranti, ad alto valore aggiunto o rapidamente deperibili.
Un ulteriore importante vantaggio è rappresentato dal bassissimo *tasso di danneggiamento* e *smarrimento dei prodotti*, il che consente un *abbattimento dei costi di assicurazione ed imballaggio.*

Il trasporto marittimo

Il trasporto marittimo di merci è caratterizzato da un'elevata incidenza dei *costi di terminale* (tasse, costi fissi legati alle strutture per la movimentazione e lo stoccaggio della merce) e da *costi variabili* con le percorrenze (carburante, manutenzione, ecc.) relativamente bassi sulle lunghe distanze. La combinazione dei due fattori illustrati fa sì che per abbattere i costi unitari di trasporto si debba mirare a *viaggi su lunghi percorsi* e con *grandi volumi di carico.*
In passato, la *merce varia* era trasportata, via mare, a bordo di *navi non specializzate* e secondo il seguente ciclo: arrivo dei prodotti al porto mediante camion o vagoni ferroviari, stoccaggio pre-imbarco in depositi portuali, stivaggio a bordo, e viceversa. Tale sistema era poco per efficiente, in quanto comportava una notevole lentezza nelle operazioni di carico e scarico perché erano affidate al lavoro umano.



Negli anni '70 il comparto marittimo è stato interessato da una vera e propria *rivoluzione tecnologica:* l'avvento del ***container.*** Si definisce così una contenitore metallico per il trasporto di merce, rinforzato, sovrapponibile, che può essere trasbordato orizzontalmente o verticalmente. Ne è derivato un trasporto più sicuro e più efficiente nelle fasi di carico e scarico, oggi completamente meccanizzate.

Per minimizzare i costi unitari si è assistito al gigantismo delle navi portacontainer, alla nascita di servizi di ***feederaggio*** (con navi porta contenitori più piccole), con la funzione di raccogliere merce dagli scali portuali minori e concentrarla nei cosiddetti ***porti hub*** (ad esempio, in Italia, il porto di *Gioia Tauro),* in modo da alimentare grandi navi che operano su rotte oceaniche, e viceversa (***sistema hub and spoke***).

Il Container Terminal di Gioia Tauro

Il trasporto per vie navigabili interne

In Italia è trascurabile rispetto a ciò che avviene in altri Paesi europei, come la Francia, la Germania, l'Olanda, sia per le caratteristiche del nostro territorio sia per la scarsità di opere di ingegneria idraulica.

L'intermodalità

Talvolta è opportuno effettuare parte di un percorso con un mezzo di trasporto e parte con un altro, sia in funzione delle caratteristiche del tragitto sia dell'economicità del trasferimento delle merci. Si parla in tal caso di ***trasporti intermodali***, cioè di trasporti che *combinano* tra loro i vari mezzi (ad esempio *treno* e *automezzo*).

Esigenze economiche ed energetiche spingono le *aziende di trasporto* a cercare tra loro collegamenti e coordinamenti e a favorire quegli strumenti e quei mezzi che consentono di trasferire rapidamente e facilmente le merci dalle *navi a i treni,* dai *treni agli automezzi* e *viceversa*.

CONTAINERIZZAZIONE DELLE MERCI

I container sono ampi recipienti che hanno dimensioni e caratteristiche unificate su base internazionale; in tali cassoni, che vengono utilizzati per un gran numero di spedizioni successive, sono introdotte le merci di cui si intende effettuare il trasporto.

L'impiego di grandi contenitori di misura uniforme si è largamente diffuso perché presenta notevoli *vantaggi* sia nell'aspetto funzionale sia in quello economico.
La spedizione containerizzata delle merci viene compiuta in modo rapido e sicuro; risultano eliminate le perdite di tempo e l'impiego di personale per il carico e lo scarico delle merci da un mezzo di trasporto all'altro; la forma del parallelepipedo dei container permette di sfruttare al massimo gli spazi di carico dei mezzi di trasporto utilizzati; le merci risultano meglio protette e viaggiano dal mittente al destinatario senza che il recipiente venga mai aperto; inoltre le merci arrivano a destinazione senza «rotture di carico», ossia senza subire manipolazioni o trasbordi perché è l'intero container che viene movimentato.

Le prime utilizzazioni di contenitori risalgono all'inizio del secolo, quando alcune aziende americane di trasporti cominciarono a praticare il servizio *door-to-door,* cioè «da porta a porta», utilizzando una serie di grandi casse metalliche tutte uguali.
La nascita del moderno container è però avvenuta negli Stati Uniti e in Canada, durante gli anni Sessanta, per far fronte alle esigenze di un traffico di merci diventato intenso e specializzato.

Dai paesi americani l'uso dei container si è presto esteso a quelli europei e ora si sta affermando anche nei paesi in via di sviluppo.

L'uso sempre più esteso dei contenitori di dimensione uniforme ha inciso in misura notevole anche sui sistemi di trasporto e di imballaggio.
Infatti, oggi la maggior parte dei mezzi di trasporto delle merci viene progettata e costruita per il carico dei container; gli autotreni, i vagoni ferroviari, gli aerei e soprattutto le *navi mercantili* sono studiati appositamente per la movimentazione e il trasporto di queste casse mobili.
Anche la tecnica dell'imballo ha subito radicali modifiche, poiché la merce viaggia ben difesa dallo stesso contenitore e sono evitate tante manipolazioni intermedie.

La diffusione dei container, che è destinata ad aumentare ulteriormente, è favorita dagli accordi presi a livello internazionale sulle *misure* e sui *limiti di peso.* Questi consentono non solo di costruire mezzi di trasporto adatti a questa forma di spedizioni, ma anche di attrezzare i *porti* e gli *scali ferroviari* e *aerei* alle nuove esigenze del traffico delle merci. Il volume dei traffici di un porto o di uno scalo si esprime in migliaia o in milioni di *TEU* movimentati nel corso di un anno (la sigla TEU deriva da *Twenty feet Equivalent Unit* ed è l'unità di misura dei contenitori; un TEU equivale a un container da 20 piedi di lunghezza).

Container pronto per il riempimento (la robustezza dei longheroni portanti lo rende adatto a sostenere il peso di altri contenitori pieni di merce impilati uno sull'altro.

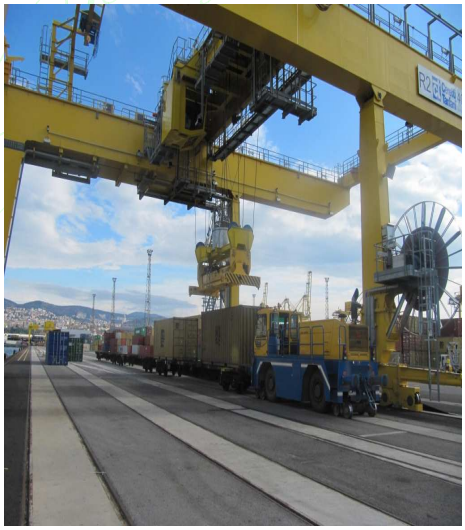
I moderni container sono fabbricati quasi sempre in metallo *(ferro o alluminio),* con le strutture portanti in *acciaio.* Tuttavia ve ne sono anche di *plastica* o di *vetroresina.* È chiaro che i contenitori devono essere costruiti in modo tale da assicurare la maggiore robustezza e il minor peso possibile, onde consentire trasporti di merci sicuri ed economici. La *robustezza* serve a proteggere le merci dagli urti, dall'umidità e dalle infiltrazioni; la *leggerezza* è essenziale affinché il peso dei container non influisca troppo sul costo del trasporto.

Naturalmente, considerati i caratteri molto diversi delle merci da trasportare, vi sono container *refrigerati, isotermici, ventilati* e così via; esistono anche contenitori a *temperatura controllata* e sottovuoto (chiamati «ipobarici») e altri costruiti appositamente per *liquidi,* per *animali vivi,* ecc.

Le misure omologate su base internazionale dall'ISO *(International Standard Organization)* stabiliscono *un'altezza* di *8,6 piedi* (pari a 2,591 m) e una *larghezza di 8 piedi* (pari a 2,438 m). Può invece variare la *lunghezza,* in quanto sono previsti tre tipi; le lunghezze riconosciute sono quelle di 20, di 30 e di 40 piedi (pari rispettivamente a 6,10 m, a 9,15 m ed a 12,20 m). Gli standard ISO sopra elencati risalgono però all'ormai lontanissimo 1965 e molti li considerano superati, sollecitando il loro aggiornamento. Negli Stati Uniti è già stata introdotta la lunghezza di 45 piedi e si punta ora sul riconoscimento di quella da 48. In Europa viene sollecitata una seconda serie ISO, che dovrebbe prevedere quattro lunghezze: da 24, 33, 41 e 49 piedi. Ma al varo della seconda serie si oppongono le autorità nazionali e comunitarie nonché le società ferroviarie.

Nella maggior parte dei casi, i container esistenti non sono di proprietà delle aziende che li utilizzano, ma vengono presi in *leasing* per un certo tempo o *noleggiati* per determinate spedizioni.
Infatti, con l'affermarsi dell'impiego dei container, sono state costituite grandi *società internazionali* che dispongono di decine di migliaia di contenitori e sono organizzate per noleggiarli in qualunque località di intenso traffico. In tal modo i container vengono presi a noleggio dalle aziende utilizzatrici nel luogo e al momento opportuni e per il tempo necessario; nella località di destino le stesse società di leasing provvedono poi a noleggiarli ad altri utilizzatori (questo sistema ha il vantaggio sia di evitare gli immobilizzi di mezzi finanziari in contenitori, sia di risolvere il problema del ritorno dei contenitori vuoti).

Di particolare importanza si presenta il funzionamento di numerosi scali terminali altamente automatizzati *(terminal container)* al servizio dei *vettori,*
per un rapido trasferimento dei container da un mezzo di trasporto all'altro. Questi grandi scali di merci rappresentano un esempio di coordinamento e di integrazione fra i diversi mezzi di trasporto e consentono di realizzare forti economie di tempo e di denaro nell'inoltro delle merci verso le loro destinazioni.
Le attrezzature per la movimentazione dei container possono essere di diverso tipo; tutte sono molto potenti, perché devono afferrare, sollevare e depositare i contenitori carichi di merci. Le figure che seguono mostrano il lavoro di una gru *«a ponte»* e di una gru *«a cavaliere».*



Movimentazione container con gru a ponte

Movimentazione container con gru a cavaliere

PALLETTIZZAZIONE DELLE MERCI

La paletta, il cui nome trae origine dall'inglese «pallet» che significa «tavolozza», consiste in una struttura in legno con l'aspetto di piattaforma rettangolare, con traverse e dadi di appoggio distanziati in modo da consentire la presa su almeno due lati mediante carrelli elevatori a forca.

Le merci vengono sistemate con cura su queste piattaforme di legno, in modo da formare pile ben allineate, alte anche fino a due metri. Vengono poi legate con corda, filo metallico e teli di plastica *termoretrattili* che assicurano la stabilità del carico.
Dopo tale sistemazione, ogni paletta costituisce una *unità di carico* che, con un carrello elevatore a forca, viene rapidamente trasferita dal magazzino all'autotreno, dall'autotreno al carro ferroviario e viceversa. Le operazioni di trasbordo si svolgono quindi con poche manipolazioni e senza perdite di tempo.
Le merci pallettizzate subiscono tuttavia, durante il trasporto e le operazioni di carico e scarico, diverse sollecitazioni. Per evitare avarie e danneggiamenti è quindi opportuno osservare alcune regole; in particolare:

- le merci devono essere sistemate sulle palette in modo uniforme, al fine di dare stabilità e compattezza a ogni unità di carico;
- il contorno del carico deve corrispondere il più possibile all'orlo della paletta; se sulla paletta si sistemano dei colli contenenti le merci, tali colli devono essere fissati con corde, fermagli o fodere di plastica;
- il carico delle palette sugli autotreni e sui carri ferroviari deve essere compatto, senza spazi vuoti (gli eventuali vuoti devono essere colmati con appositi materiali resistenti).

L'amministrazione ferroviaria ha predisposto carri speciali per il trasporto delle merci pallettizzate; si tratta dei carri *Gabs* (con ampie porte scorrevoli laterali a due ante) e dei carri *Habis* (con pareti laterali scorrevoli, apribili per tutta la lunghezza del carro). La stessa amministrazione effettua a basso prezzo il noleggio di palette (per quanto riguarda il costo della spedizione, la tara delle palette è esente sino al 15% del peso lordo; ad esempio, per una spedizione di *1000 kg lordi,* la tariffa ferroviaria si applica su *850 kg*).
L'uso dei pallet non influisce solo sui trasporti veri e propri delle merci, ma anche sulle operazioni industriali e commerciali. Infatti, le merci pallettizzate possono essere portate sino ai magazzini, alle macchine trasformatrici o alle catene di montaggio senza necessità di rimozioni o di manipolazioni e con limitato rischio di danneggiamenti.

Carro ferroviario Gabs

Sistemazione di palette con merce in un container

TRASPORTI INTERMODALI

I trasporti di merci, e principalmente quelli che riguardano *spedizioni internazionali,* attraversano una fase di continua modernizzazione e trasformazione passando da sistemi *tradizionali* a sistemi sempre più evoluti e automatizzati.
Questa modernizzazione non consiste solo nell'impiego di *nuovi mezzi di trasporto* e di nuove *tecniche di caricamento* e *movimentazione* delle merci, ma anche nel diffondersi negli operatori del settore della *filosofia dei trasporti intermodali.*
Questa concezione considera il trasporto effettuato da *due o più mezzi* di trasporto come un unico *problema integrato* e non come semplice somma di attività distinte e autonome.
Il trasporto diventa così un'*unica prestazione,* che si svolge dalla *partenza* sino a *destinazione* in una sola *visione globale* del processo di trasferimento delle merci. Le *tecniche intermodali* utilizzano, oltre ai *container* e ai pallet, anche altre *unità di carico* di tipo speciale (ad esempio *vagoni a struttura particolare e semirimorchi*) che possono essere caricati e trasportati con facilità su apposite navi o su carri ferroviari costruiti a tale scopo.

L'intermodalità è un sistema di trasporto di una unità di carico con percorso effettuato su mezzi diversi (strada ordinaria, ferrovia, nave e aereo) senza che si verifichino «rotture di carico», ossia evitando i trasbordi e le manipolazioni.

Nell'ambito dei trasporti intermodali assumono particolare interesse quelli legati alla combinazione *strada-rotaia,* che si realizzano con il caricamento su un *carro ferroviario* di un intero automezzo oppure di una sua parte. Questa combinazione richiede il rispetto della *«sagoma limite»* ferroviaria, che si ottiene attraverso la specializzazione dei carri (esistono carri con apposite «tasche» e carri ultrabassi sui quali possono essere caricati interi *auto treni* e autoarticolati).
Il trasporto *combinato strada-rotaia* risulta conveniente sul piano economico al di sopra di un certo kilometraggio, che gli esperti quantificano in *450 km* circa. Al di sotto di tale soglia, l'incidenza dei costi tipici del trasporto combinato porta a un costo complessivo superiore al trasporto stradale.

Trasporti intermodali (combinato strada-rotaia)
Carico di un semirimorchio, mediante gru con «presa per pinze», su un carro ferroviario

AUTOPORTI E INTERPORTI

La *tecnica del trasporto intermodale* richiede delle strutture ben attrezzate per consentire la formazione delle unità di carico e il loro interscambio tra i *diversi sistemi di trasporto.*
Queste strutture, che possono essere pubbliche o private, favoriscono i *trasporti combinati* mediante la *riduzione dei tempi*, il *miglior impiego del personale*, l'*eliminazione delle rotture di carico;* esse costituiscono gli *impianti intermodali* che rappresentano un punto di incontro, altamente organizzato, fra i trasporti stradali, ferroviari e, in taluni casi, marittimi e fluviali.
Gli impianti intermodali più completi sono costituiti dagli *autoporti* e dagli *interporti.*

- Gli autoporti sono strutture molto ampie in grado di accogliere in modo adeguato numerosi automezzi, creati alle periferie delle città in zone interessate da forti traffici su strada.

Autoporto Fernetti (TS), per 255 camion

- Gli interporti sono strutture molto più complesse e attrezzate che stanno alla base dello sviluppo dei *traffici intermodali* per razionalizzare il flusso delle merci che viaggiano su *strada, rotaia, acqua* e *aria;* letteralmente il loro nome significa *« porti interni ».* In concreto sono *centri di raccolta e di smistamento delle merci,* che integrano una molteplicità di funzioni e di servizi *collegando* il mondo della *produzione* e della *distribuzione* con quello dei *trasporti* e aumentano l'efficienza globale del sistema trasporti *riducendo i costi* e i *tempi* delle operazioni di trasbordo di materiali e merci fra vagoni ferroviari e mezzi gommati. Gli interporti sono dunque *anelli attrezzati della catena logistica che consentono di utilizzare il mezzo di trasporto più adatto a ogni singolo oggetto da trasportare.* Sono costruiti vicino alla confluenza di più autostrade e raccordati con le autostrade stesse, gli scali ferroviari ed eventuali porti marittimi o delle acque interne.
Gli interporti sono formati da un *nucleo centrale di servizi pubblici* attorno al quale sono situati gli uffici, i magazzini e i servizi ausiliari degli operatori privati.
I servizi pubblici comprendono:

- *uno scalo ferroviario,* con rete di binari e impianti di manovra per la formazione dei treni;
- *ampie aree di parcheggio* e di movimento per gli automezzi;
- *impianti di sollevamento,* per trasbordare le unità di carico (container, semirimorchi, ecc.) dal mezzo stradale a quello ferroviario e viceversa;
- *uffici e magazzini doganali*, per disbrigo delle pratiche riguardanti le merci provenienti o destinate all'estero.

Interporto "Adria Alpe" di Cervignano (Udine) S.P.A.

Attrezzato su un'area di quasi 1 milione di metri quadrati di superficie, la struttura interportuale può contare su piazzali per la movimentazione e l'interscambio "ferro-gomma", tre fasce di binari da 750 metri, 75000 metri quadrati di magazzini, aree di manovra e sosta, officina, rifornimento e lavaggio, nonché Uffici direzionali e Amministrativi, servizi telematici, finanziari, assicurativi e doganali.

I PORTI

GENERALITA'

Il porto marittimo ha essenzialmente la funzione di difendere dal moto ondoso uno specchio acqueo sufficientemente vasto onde permettere il carico e scarico delle merci e dei passeggeri nelle migliori condizioni di agibilità e nel minor tempo possibile.
Esso costituisce un importante ***nodo di sistemi di trasporto;*** pertanto la scelta di un paraggio sede di un bacino portuale è legata oltre che alla possibilità di costruzione delle opere di difesa dal mare anche alla possibilità di reperire a terra aree sufficienti allo smaltimento dei traffici nel retroterra dello scalo marittimo. Anche per l'ampliamento dei porti esistenti si pongono i medesimi problemi di collegamento rapido tra i ***vettori marittimi*** e quelli ***terrestri.***
La disposizione e le dimensioni delle opere esterne dipendono dal tipo di porto ***(mercantile, industriale, turistico)*** e dalle caratteristiche delle navi ***(lunghezza, pescaggio)*** che esso deve ospitare.

CLASSIFICAZIONE

La legge 28 gennaio 1994, n. 84 (art. 4) suddivide i porti marittimi nazionali in :

- ***I categoria****,* difesa militare e sicurezza dello stato;
- ***II categoria,***
  - I classe, rilevanza economica internazionale
  - II classe, rilevanza economica nazionale
  - III classe, rilevanza economica regionale o interregionale.

A secondo della loro posizione i porti si distinguono in ***marittimi, lacustri, fluviali;*** nei riguardi della loro preminente destinazione si hanno porti ***commerciali, militari, pescherecci, turistici.*** I porti commerciali possono essere variamente specializzati a seconda che il traffico sia prevalentemente rappresentato da passeggeri o da merci.
I porti marittimi possono essere ***interni*** o ***esterni*** al litorale. Sono del primo tipo porti naturalmente protetti ed ottenuti per escavazione entro lagune o canali naturali o artificiali (tipici i porti-canali, frequenti lungo la costa adriatica) e quelli creati entro l'estuario dei grandi fiumi.

PORTI INTERNI

Essi offrono notevoli vantaggi per la loro economicità, permettendo di eliminare o ridurre le costose opere di difesa dal moto ondoso (salvo quelle relative all'imboccatura che deve essere protratta fino a raggiungere fondali naturali sufficienti alla navigazione) e per la possibilità di ampliarli gradualmente e facilmente, dove la natura lo permetta, con l'escavazione di nuovi bacini.

PORTI ESTERNI

I porti esterni, quando non possono avvalersi di una protezione naturale dal moto ondoso sorgendo al fondo di una rada, devono essere difesi adeguatamente a mezzo di moli e dighe con sistemi di seguito descritti.

Porto di New York, *il più grande porto del mondo si estende sul fiume Hudson, sull'East River e dopo la confluenza di questi due fiumi, sul grande estuario che si allarga nella Baia Superiore, sbocca nell'Atlantico.*
Le opere interne (stazioni marittime, ponti, calate) interessano principalmente i due lati della penisola di Manhattan, Brooklyn.

Vie d'acqua nell'estuario del Hudson River*:*
1. Hudson River, 2. East River, 3. Long Island Sound, 4. Newark Bay, 5. Upper New York Bay, 6. Lower New York Bay, 7. Jamaica Bay, 8. Oceano Atlantico

OPERE ESTERNE DEI PORTI

Si definisce *settore di traversia* l'angolo comprendente tutte le direzioni da cui può provenire il moto ondoso. Esso si divide in genere in un settore di ***traversia principale*** e in un settore di ***traversia secondaria***, comprendendo il primo le direzioni dei mari ***prevalenti***, capaci cioè di produrre i maggiori effetti, e quelli dominanti, cioè di maggior violenza. Si dicono ***mari regnanti*** quelli più ***frequenti*** dell'anno.

I fondali p lungo tutta la Rotta di accesso a un porto dovrebbero essere almeno:

$$p \geq I + 1 + \frac{1}{2}(m + H)$$

dove I è il pescaggio massimo delle navi, m è l'escursione della marea e H è la massima altezza d'onda possibile.

FORME ESTERNE DEI PORTI

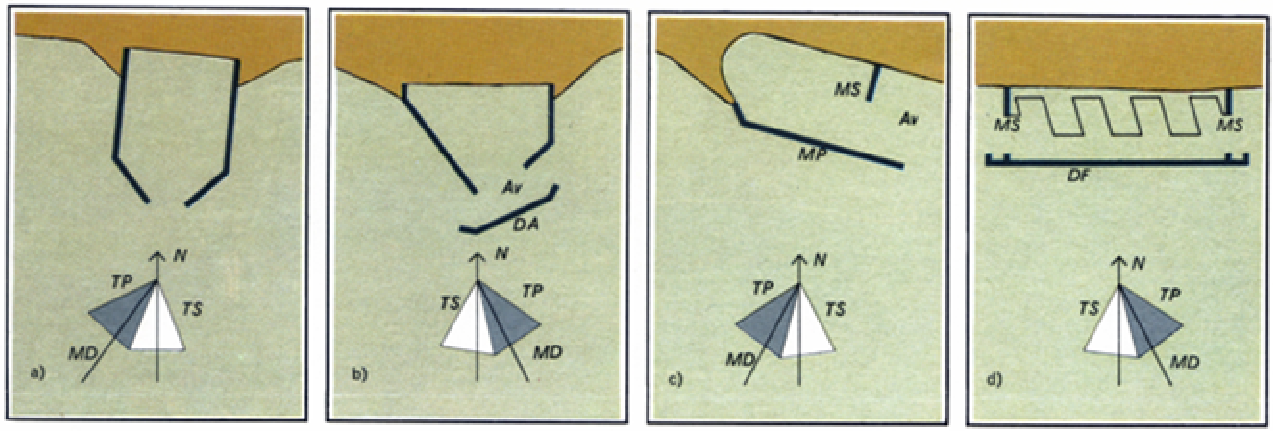
Nei riguardi della forma generale dei porti e dell'ubicazione della o delle bocche, si hanno forme come le seguenti:

a. Porti con moli convergenti con bocca aperta alla traversia principale.

Offrono un facile e sicuro accesso con mare di tempesta, quando la bocca abbia larghezza sufficiente, da 150 a 250 m per le grandi navi *(figura a)*: consentono però l'ingresso diretto delle onde negli specchi acquei interni e necessitano quindi di un amplissimo bacino interno per una adeguata attenuazione del moto ondoso.

b. Porti con moli convergenti con bocca protetta da antemurale.

Si tratta di un tipo analogo al precedente, nel quale la bocca è protetta, verso il largo, da un tronco isolato di diga foranea ***(antemurale),*** con due varchi laterali per l'accesso delle navi *(figura b).* Presenta l'inconveniente di costringere le navi a effettuare due cambi di direzione, non agevoli con mari e venti al traverso nella manovra per l'entrata.



Tipi principali di porti marittimi esterni nei quali l'orientamento delle opere di difesa esterne è determinato dalle direzioni locali prevalenti del moto ondoso. Tali direzioni sono delimitate dai diagrammi, in cui N è il Nord geografico, il settore TP (in colore) comprende le direzioni di Traversia Principale, in cui MD è quella dei mari dominanti, e il settore TS (in bianco) le direzioni di Traversia Secondaria.
*In **a)** disposizione a moli convergenti con bocca aperta alla traversia principale per facilitare l'entrata delle navi con mare agitato; in **b)** porto a moli convergenti protetto con diga DA, detta Antemurale, che dà luogo a un avamporto Av di cui le due bocche di accesso vengono utilizzate secondo lo stato del mare. In **c)** porto a moli convergenti con bocca protetta dal molo principale MP (sopraflutto, che difende dalla traversia principale) che forma un avamporto Av con molo secondario MS (sottoflutto contro la traversia secondaria). In **d)** porto con unica diga foranea DF parallela alla riva e moli secondari MS, a pettine: la disposizione si presta bene a graduali ampliamenti.*

c. Porti con moli convergenti con bocca protetta dal molo principale.

La difesa è formata da due moli di diversa estensione, di cui l'uno, detto ***molo principale o sopraflutto,*** copre interamente i bacini interni dalla traversia principale, mentre il secondo, posto a ridosso del primo, li difende dalla traversia secondaria ***(molo secondario o sottoflutto)*** *(figura c).*

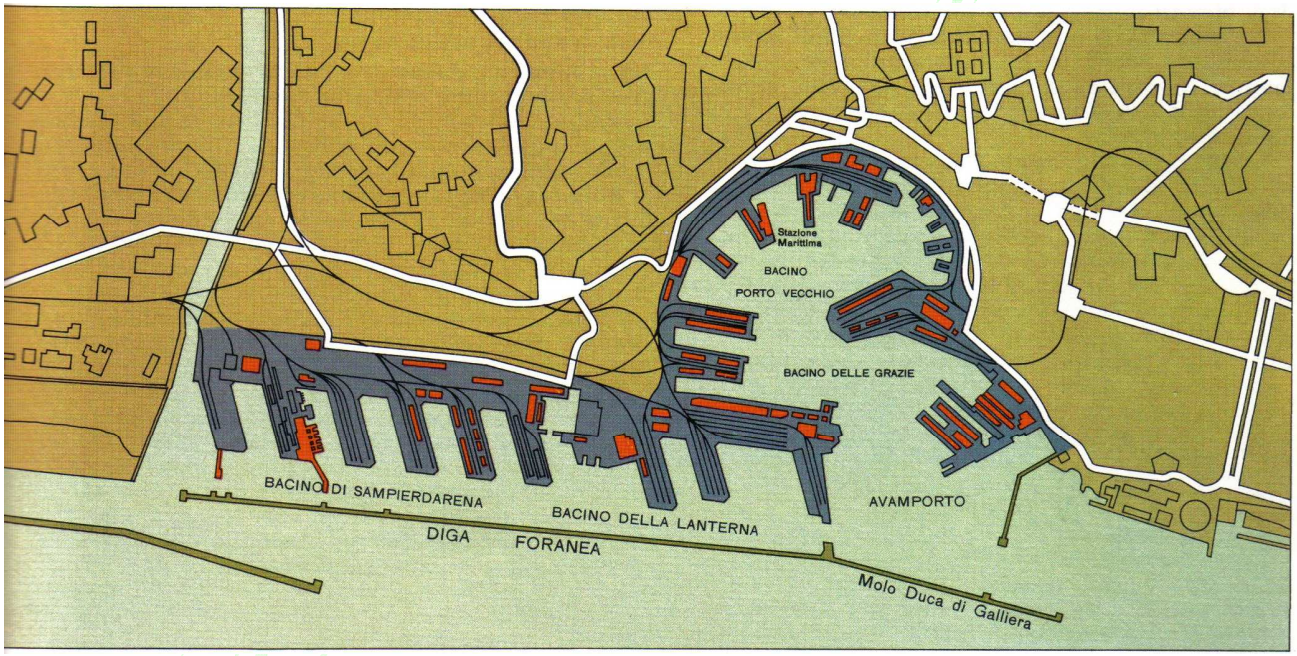
La bocca è compresa fra la testata del molo sottoflutto e il fronte interno del molo principale. Questo deve sopravanzare largamente tale bocca per proteggerla il più possibile dal moto ondoso di espansione (o da quello diretto) e per creare avanti all'imboccatura uno specchio acqueo parzialmente ridossato *(avamporto)* atto a facilitare le manovre di entrata e di uscita delle navi.

d. Porti difesi da un unico molo radicato alla riva.

Porti di questo particolare tipo possono aversi quando la ristrettezza del settore di traversia e l'inesistenza di un pericolo di interrimento dalla direzione opposta rendono superfluo il molo di sottoflutto.
Spesso il molo unico non è che il complemento di difese naturali già esistenti.

e. Porti difesi da un diga foranea parallela alla riva.

Sono generalmente di questo tipo i più grandi porti esterni costruiti su una costa rettilinea esposta al mare aperto *(figura d).* La diga foranea diviene un'opera di grande mole e può raggiungere una larghezza di diversi Kilometri (a Genova la diga del Porto Vecchio e quella dell'Aeroporto e dei nuovi bacini industriali misurano complessivamente quasi 10 Km).



Porto di Genova. Da questa rappresentazione si possono rilevare gli sviluppi del porto; al centro, l'insenatura naturale che con successive aggiunte di opere fu per molti secoli il porto della città. La diga foranea, che segna l'espansione del porto iniziatasi nel secondo decennio del '900, protegge la serie di moli a pettine e radicati obliquamente alla calata di riva.

Normalmente si hanno due imboccature, alle due estremità della diga foranea; ognuna di tali imboccature dovrebbe rispondere ai necessari requisiti di agibilità e sicurezza. In ogni caso le difese esterne del porto devono essere completate con un molo di sopraflutto e con uno sottoflutto.
I porti di questo tipo possono offrire il vantaggio di essere facilmente ampliabili, con l'allungamento della diga foranea e la costruzione di un nuovo molo secondario.

1. Porti a due moli paralleli (porti canali).

Si tratta di porti di modesta importanza, generalmente porti pescherecci, situati alla foce di corsi d'acqua naturali o canali scavati appositamente. Le due difese parallele, dette ***moli guardiani,*** vanno prolungate fino ad un fondale naturale sufficiente.

2. Pontili e ancoraggi in mare aperto.

Talvolta le navi si ancorano al centro di una rada naturalmente protetta dal mare ondoso, che abbia fondo buon tenitore (sul quale cioè le ancore possano ***"mordere"*** senza ***"arare"***): le operazioni di carico e scarico si effettuano trasbordando la merce su ***chiatte.***
Esistono anche pontili esposti al mare aperto con una estremità radicata a una spiaggia. Essi sono generalmente a servizio di singoli stabilimenti industriali.
Per sbarco o imbarco di oli minerali sorgono ancoraggi in pieno mare, anche a notevole distanza dal litorale, collegati a terra con ***oleodotti sottomarini.*** Il terminale verso il largo degli oleodotti fa capo a una piattaforma in acciaio, sostenuta da piloni d'acciaio ***(porto-isola)*** o da una grossa apposita boa: le petroliere, opportunamente ancorate, si collegano agli oleodotti con tubazioni flessibili e possono compiere le operazioni di travaso degli oli anche con mare moderatamente mosso.

3. Porticcioli turistici.

Porto turistico di Manfredonia - Lungomare del sole

La grande diffusione degli sport nautici richiede la costruzione di nuovi approdi per ***natanti*** da diporto, a vela o a motore. I porticcioli destinati esclusivamente a tale uso, detti con termine internazionale ***marina,*** devono essere ben protetti dal moto ondoso, essere esenti da rischi di insabbiamento, disporre di servizi a terra richiesti dai turisti: ***colonnine di rifornimento, scaletti o gru di alaggio, locali di ricovero per natanti, alberghi, ristoranti, servizi pubblici per passeggeri.***
Piccoli pontili disposti a pettine, anche di tipo galleggiante, consentono l'ormeggio di un gran numero di natanti, su file parallele, utilizzando al massimo gli specchi acquei protetti.

DISPOSIZIONI INTERNE DEI PORTI

La disposizione interna di un porto è condizionata dalle ***esigenze commerciali*** e ***industriali*** che il porto stesso è chiamato a soddisfare.

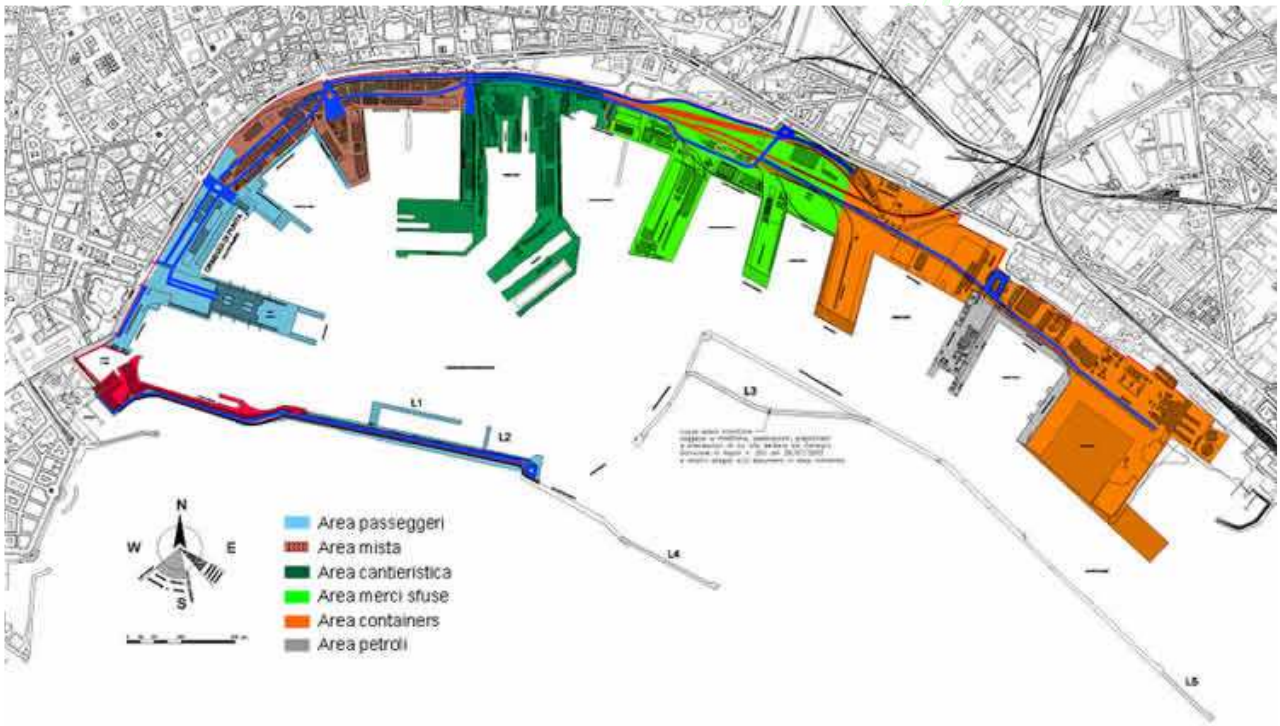
Bacini

Devono consentire alle navi di manovrare con sicurezza per raggiungere gli accosti a cui sono destinate.

Banchine

I fronti di accosto ***(o banchine)*** segnano il perimetro degli specchi acquei del porto. Per aumentare la lunghezza utile dei fronti di accosto si costruiscono pontili interni e terrapieni banchinati, rettangolari o trapezoidali, che si spiccano dalle ***calate*** di fondo (detti normalmente ***ponti, ponti sporgenti*** o, semplicemente ***sporgenti.***

I porti che si sviluppano in lunghezza, come i porti esterni difesi da una diga foranea parallela alla costa, presentano spesso una serie di ***ponti paralleli*** disposti a pettine, inclinati rispetto alla ***calata*** di fondo in modo da facilitare l'entrata e l'uscita delle navi.



Il Porto di Napoli - I vari settori omogenei

Un porto moderno viene articolato a ***settori omogenei,*** distinguendo le zone destinate all'attracco delle ***navi passeggeri (stazioni marittime),*** da quelle per le navi da ***carico misto (merci generali)*** e per le navi da ***carico alla rinfusa (carboni, minerali, cereali)*** e da quelle destinate alla ***costruzione, riparazione o carenaggio, bacini di carenaggio fissi o galleggianti),*** alla ***navigazione minore da diporto,*** alla sosta delle navi in attesa o in disarmo.

Un grande porto deve disporre anche di numerosi recessi per ***chiatte, rimorchiatori, pontoni*** e altri mezzi d'opera galleggianti, di spiazzi e banchine da utilizzare come cantiere per nuove opere marittime, di zone appartate per il deposito di esplosivi o altre ***materie pericolose.***

Viabilità

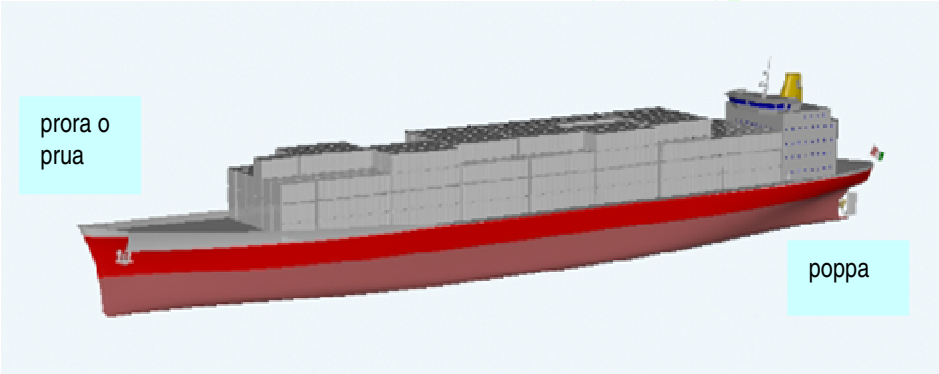
I porti hanno bisogno di una rete stradale interna spaziosa, ben articolata e ben raccordata alle principali vie di accesso esterne; queste devono a loro volta assicurare i migliori collegamenti fra il porto e il suo naturale ***hinterland,*** tenuto conto della grande e crescente importanza raggiunta dal ***traffico camionistico*** nei trasporti. I singoli ponti sporgenti avranno ampie strade perimetrali di banchina, piazzali di deposito, piazzali di sosta e di manovra degli automezzi.
Pari importanza hanno i ***collegamenti ferroviari***, i quali devono estendersi lungo il fronte delle banchine commerciali, a tergo dei magazzini e dei piazzali, parchi per la sosta, lo smistamento, la pesatura dei carri.

Il Terminal Container di Rotterdam. Si noti la disposizione dei container e delle infrastrutture necessarie per le operazioni di carico e scarico.

LA NAVE

INTRODUZIONE

Dicesi *nave* un'opera galleggiante che, per forme, dimensioni, e sistemazioni deve essere atta a muoversi sulla superficie dell'acqua (o al di sotto di questa, se sommergibile), con la necessaria *sicurezza*, alla *velocità* prestabilita (non inferiore a 7 nodi *[Knots]* da accordi internazionali; 1 nodo = 1 miglio marino/ora; 1 miglio marino = 1852 m) impressale da un apposito *apparato motore* e secondo *percorsi e traiettorie* stabiliti da chi è preposto alla sua *conduzione*. Essa deve inoltre soddisfare alle speciali esigenze che derivano dallo *scopo* per il quale è progettata e costruita.
La nave è il ***mezzo*** di cui ci si serve per effettuare i ***trasporti*** sull'acqua di *persone,* di *cose,* per *scopi commerciali,* per *lavori,* per *servizi speciali,* per *ricerche scientifiche;* di *armi* e *uomini* contemporaneamente, per *operazioni militari.*
Le forme, le dimensioni e le sistemazioni variano con il *tipo della nave,* con la natura del *materiale* impiegato nella sua costruzione, con il *sistema* usato per la sua *propulsione* e con la *natura della navigazione.*



QUALITA' ESSENZIALI E NAUTICHE

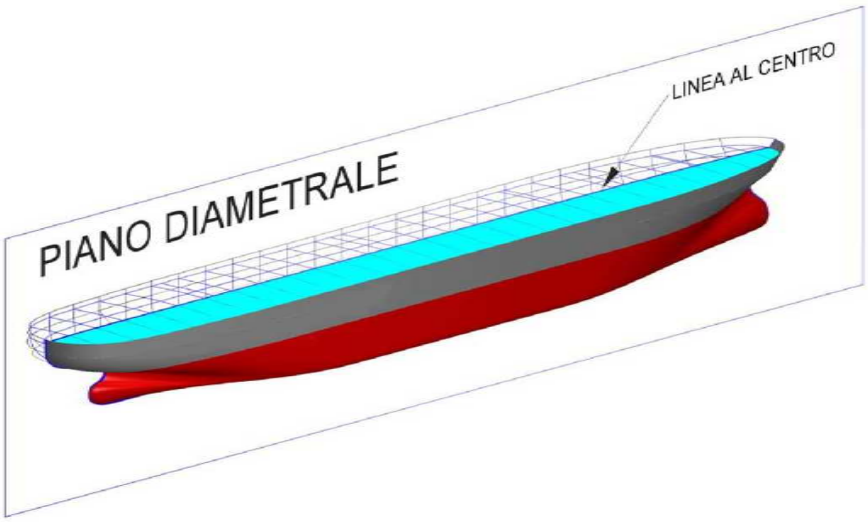
Ciascuna nave ha proprie specifiche caratteristiche e qualità; tutte, comunque, devono avere alcune ***qualità essenziali***, nel senso che da esse non si può prescindere e sono intimamente connesse al progetto. Alcune ***qualità*** dette ***nautiche*** garantiscono l'esercizio anche in condizioni particolarmente difficili. Le qualità essenziali e nautiche di una nave sono raggruppate nella tabella che segue:

QUALITA' ESSENZIALI	QUALITA' NAUTICHE
galleggiabilità	stabilità
impermeabilità	manovrabilità
solidità	velocità
navigabilità	comportamento al rollio

- ***Galleggiabilità:*** permette alla nave di *galleggiare*, grazie al principio di Archimede, sia in acque salate che in acque dolci, anche in condizioni di massimo carico.
- ***Impermeabilità:*** rende la nave perfettamente stagna ed impedisce all'acqua di filtrare nel suo interno.
- ***Solidità:*** assicura alla nave la giusta *robustezza strutturale* per poter sopportare gli sforzi a cui è sottoposta, a pieno carico, con mare in tempesta.
- ***Navigabilità:*** consente di percorrere agevolmente e con *sicurezza* brevi e lunghi tratti di navigazione. La robustezza della struttura e le qualità nautiche conferiscono alla nave le necessarie condizioni di navigabilità.
- ***Stabilità:*** attitudine della nave a resistere alle forze che tendono ad inclinarla (moto ondoso, carico) e la capacità di raddrizzarsi spontaneamente quando cessa la causa.
- ***Manovrabilità:*** consente alla nave *evoluzioni* e *manovre* rapide ed agevoli, specie in ristretti specchi d'acqua.
- ***Velocità:*** grazie ad essa la nave può svolgere navigazioni lunghe in tempi relativamente brevi.
- ***Comportamento al rollio:*** in virtù di questa qualità nautica la nave assume un comportamento regolare e tende ad estinguere prontamente un movimento oscillatorio *(rollio* o *beccheggio)*.

SUDDIVISIONE DELLO SCAFO

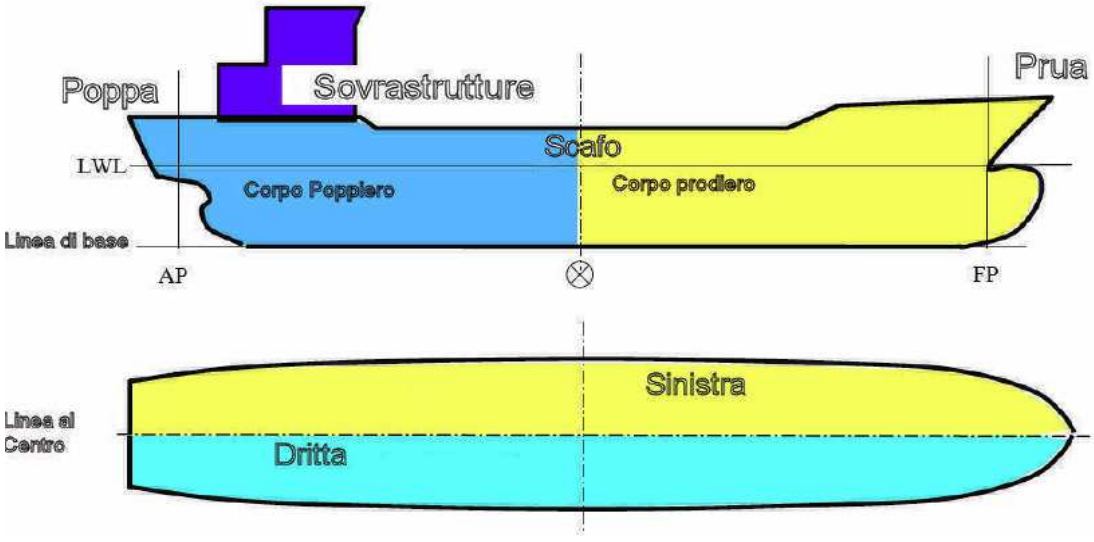
Si intende per *scafo* quella parte della nave che ne costituisce il corpo *impermeabile* e *resistente,* generalmente suddiviso in due parti simmetriche da un piano *verticale longitudinale* o *piano di simmetria (o piano diametrale)* e dette *sinistra* e *dritta* della nave, rispettivamente alla sinistra e alla destra di un osservatore posto a poppa che guarda la prora.



In tutte le navi si può notare che le due parti estreme (anteriore e posteriore) sono affinate per ridurre la *resistenza al moto.* La parte anteriore dello scafo, in genere a forma di cuneo per fendere facilmente l'acqua, dicesi *prora* o *prua*. La parte posteriore, detta *poppa*, presenta forma avviata e tale da facilitare lo scorrimento dell'acqua e la chiusura del solco aperto dal passaggio della nave. Un notevole grado di finezza delle estremità dello scafo è necessario particolarmente quando si vogliono raggiungere elevate velocità.

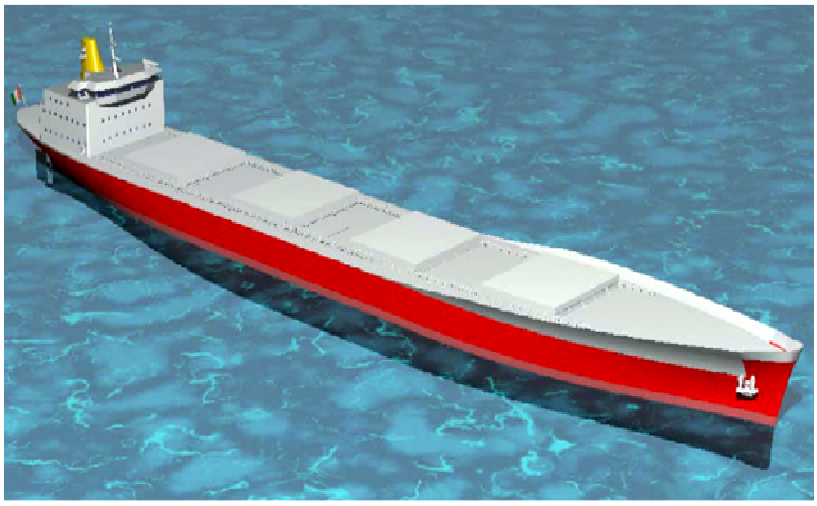
Le superfici che limitano lateralmente i due lati dello scafo si dicono *fianchi* od anche *murate* della nave, anche se, in genere, questo ultimo termine è riferito alla parte emersa. Si definisce *fondo* della nave la parte della superficie esterna che limita inferiormente lo scafo. Le *murate* sono a loro volta suddivise in una parte anteriore detta *mascone* e in una parte posteriore detta *giardinetto.* La parte dello scafo a forte curvatura e compresa tra il fondo e il fianco dicesi in genere *ginocchio.*
Lo scafo è limitato superiormente da una superficie continua detta *ponte principale.* Altri ponti possono essere presenti oltre a quello principale, sia al di sotto (*ponti inferiori*) che al di sopra (*ponti superiori*).
I ponti superiori sono anche detti *ponti delle sovrastrutture*. In generale, si definiscono *sovrastrutture* tutte le costruzioni poste al di sopra del ponte principale.
La nave, essendo come già detto un'opera galleggiante, si compone di una parte immersa ed una emersa: *carena* o *opera viva* è la parte immersa dello scafo, la parte emersa si chiama invece *opera morta.*

In ogni nave distinguiamo 3 parti: la parte centrale detta *corpo centrale*, quella anteriore detta *corpo prodiero* e infine quella posteriore detta *corpo poppiero.*
La sezione più larga tra quelle che si ottengono sezionando la superficie dello scafo con piani *trasversali* e *verticali* e che risulta pure quella di massima area è detta *sezione maestra.*



*Si dicono **sinistra** e **dritta** della nave i due lati dello scafo opposti rispetto al piano diametrale, situati rispettivamente alla sinistra e alla destra di un osservatore posto a poppa che guarda la prora.*

Si dice *piano di galleggiamento* (o in modo più sintetico *galleggiamento)* della nave quello cui appartiene la superficie libera del mare perfettamente in quiete. La curva intersezione del piano di galleggiamento con la superficie esterna dello scafo dicesi *linea di galleggiamento.*

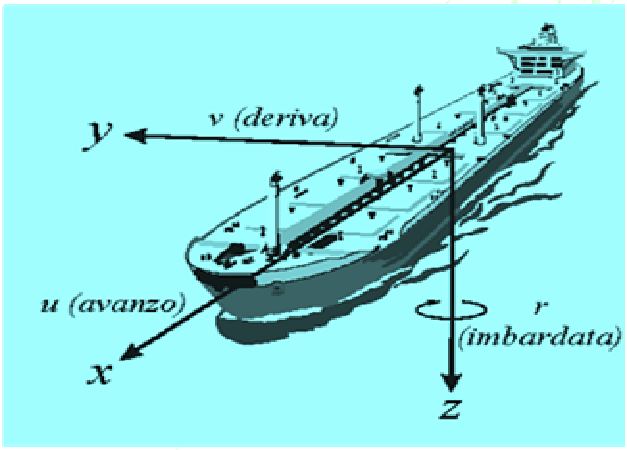


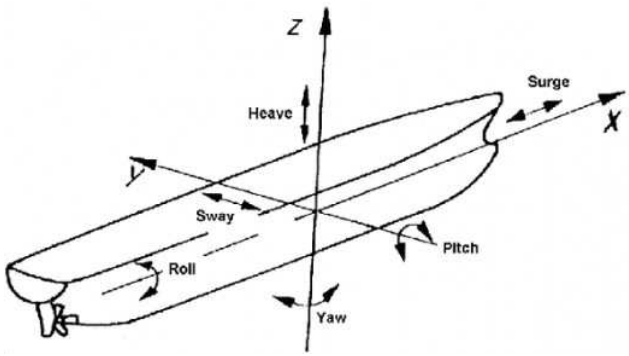
Il piano di galleggiamento è il piano al quale appartiene la superficie libera del mare perfettamente in quiete. La linea di galleggiamento è la curva intersezione del piano di galleggiamento con la superficie esterna dello scafo. Si indica con WL (Water Line).

I MOVIMENTI DELLA NAVE

Lo scafo ha una forma geometrica non perfettamente definita; la sua è una struttura a tre dimensioni, ha un *baricentro (*o *centro di gravità)* che è il punto per il quale passano tre *assi immaginari e perpendicolari* tra loro sulle quali poggiano tre piani:

- X = asse longitudinale, nel senso poppa-prua
- Y = asse trasversale, che va dalla murata di sinistra alla murata di dritta
- Z = asse verticale che va dalla chiglia verso l'alto





Intorno agli assi e lungo di essi avvengono *sei movimenti della nave*, di cui tre *alternativi:*

- *Beccheggio (pitching):* rotazione intorno all'asse trasversale, la nave si immerge a prua e solleva la poppa e viceversa;
- *Rollio (rolling):* rotazione intorno all'asse longitudinale, inclinazioni alternativamente a dritta e a sinistra;
- *Imbardata (yawing):* intorno all'asse verticale, verso dritta e verso sinistra;
- *Avanzamento (Surging):* lungo l'asse longitudinale x;
- *Sussultorio (heaving):* innalzamento o abbassamento rispetto al fondo del mare;
- *Deriva (swaying):* lungo l'asse y trasversale;

L'Accostata è la rotazione intorno all'asse verticale, la prua si gira da un lato e la poppa dalla parte opposta, per azione del timone, delle eliche o delle vele. Il *tancheggio* è il movimento di *rollio* e *beccheggio* contemporaneamente.

CLASSIFICAZIONE DELLE NAVI

Una prima generale classifica che può farsi di esse è la seguente: *navi militari* (destinate ad uso bellico) e *navi mercantili* (scopi commerciali). Tra le prime si annoverano: navi portaerei, incrociatori, cacciatorpediniere, torpediniere, esploratori, sommergibili, corvette, fregate, dragamine, posamine, mas, ecc.
Tra le seconde distinguiamo: (in relazione allo scopo del loro impiego) *navi da carico, navi da passeggeri,* da *servizio misto;* (in relazione ai diversi materiali impiegati nella costruzione) navi *in legno, in ferro, in leghe leggere;* (in relazione ai diversi tipi di apparato motore e di propulsione) *motonavi, turbonavi, piroscafi, a vela, a ruote, ad elica, nucleari, a cuscino d'aria, ecc.*.
Un'altra classificazione delle navi può essere fatta sulla base delle parti principali dello scafo: navi a struttura longitudinale, navi a struttura trasversale, nave a struttura mista

550 - Portaerei CAVOUR
Dimensioni: lunga 244 m; larga 39 m; immersione 8.7 m; altezza sovrastrutture di 14 ponti: 36,6 m - Dislocamento: 27.500 tonn. a pieno carico, 21.160 tonn. Scarica - Propulsione: 4 turbine a gas LM2500 per un totale di 88 MW (potenza massima continua erogabile) in modalità COGAG, 2 eliche a 5 pale, 2 propulsori di manovra a prua e poppa con eliche a pale orientabili, 2 timoni da 34 m^2. - Velocità: velocità continua massima 30 nodi, 24 nodi con un'elica e 2 turbine, 18 nodi con un'elica e una turbina (il minimo per operare con gli aerei). Grazie a 2 coppie di pinne stabilizzatrici attive la nave è molto più stabile e permette le operazioni di volo con mare fino a forza 6 oltre al miglioramento del comfort dell'equipaggio.

TIPI DI NAVI

NAVI MERCANTILI

La nave mercantile è quella destinata agli *scambi commerciali* a mezzo delle vie d'acqua e, come tale, essa è progettata e classificata per *categoria* a seconda del traffico.
La nave mercantile abbraccia le seguenti categorie inquadrate nelle sue classi della navigazione marittima e delle acque interne (fiumi, laghi):

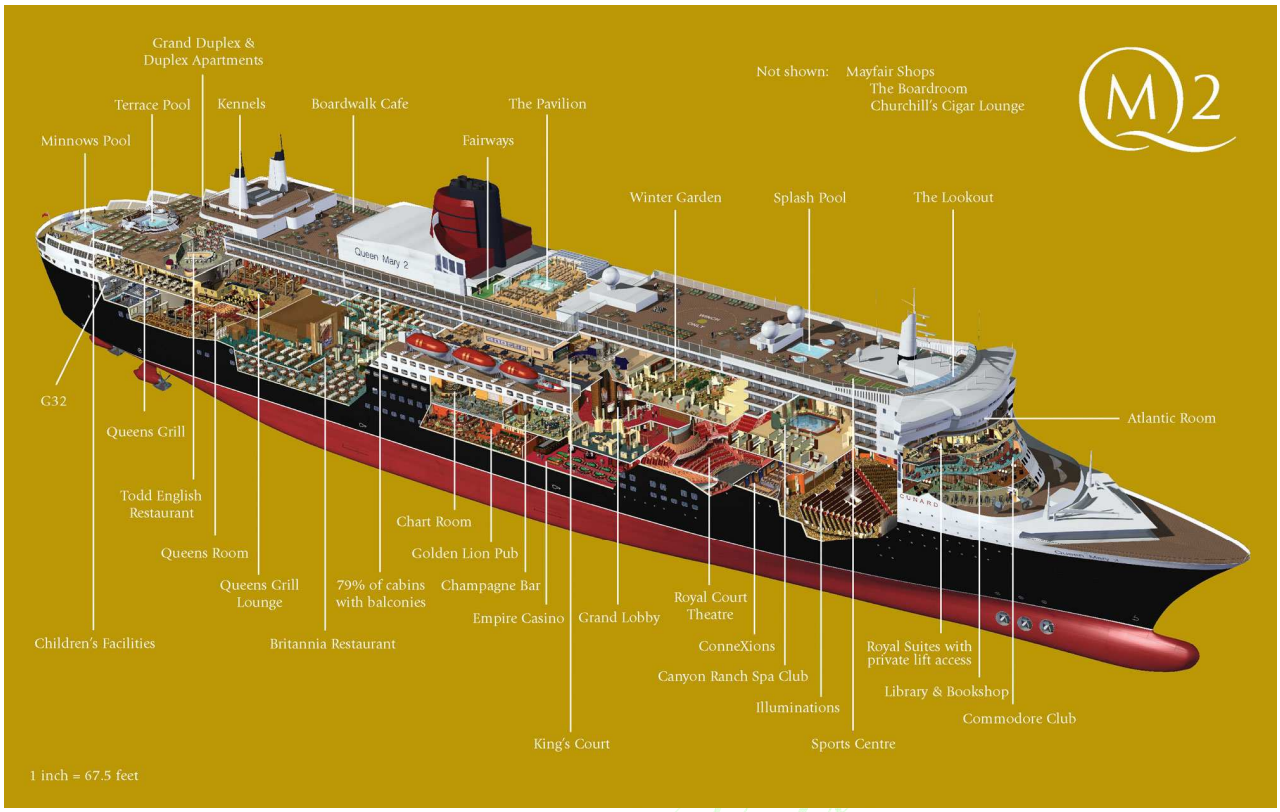
1. navi per il trasporto di persone *(passeggeri)*
2. navi trasporto merci *(o da carico),* merci *solide, solide* e/o *liquide alla rinfusa*
3. navi trasporto *merci e passeggeri*
4. navi *speciali* che si suddividono in:
   a. navi trasporto carichi e/o *merci speciali* (merci deperibili, gas, gas liquefatti, cementi da insaccare, contenitori, chiatte);
   b. navi per *l'esecuzione* di *lavoro sul mare*, sul e nel *fondo marino* (cattura e conservazione del pesce, posa e salpamento di cavi sottomarini, rilievi oceanografici, trivellazione e o *dragaggi* del fondo marino, posa di reti, posa di boe, posa di mine);
   c. navi per l'*esecuzione di un servizio* (rimorchio, pilotaggio, trasporto, salvataggio, lavoro di officina).

Dalla suddivisione fatta, emerge la necessità di definire il "*passeggero*": la *SOLAS (Safety of life at sea),* che è la *Convenzione internazionale per la Salvaguardia della Vita Umana in mare* (Londra), premette che *equipaggio* è « qualsiasi persona che non sia *passeggero* », e che « passeggero è qualsiasi persona che non sia il comandante, i membri dell'equipaggio o delle persone comunque impiegate necessariamente a bordo della nave per il funzionamento e per lo scopo a cui essa è stata progettata e costruita ».
Ne conseguono le definizioni di:

- *nave trasporto passeggeri,* come quelle che trasportano *più* di *dodici passeggeri;* tutte le navi che trasportano un numero si passeggeri uguale o inferiore a 12 e/o merci vengono classificate da carico;
- *nave da carico,* qualsiasi nave che non sia nave da passeggeri;
- *nave cisterna,* quella nave costruita per il trasporto di *carichi liquidi alla rinfusa infiammabili* e no;
- *nave da pesca,* quella impiegata per la cattura del pesce, di balene, molluschi e altra fauna marina;
- *nave fattoria,* quella impiegata, oltre che per la cattura del pesce, anche per la sua *lavorazione* a bordo (oli e carne delle balene, inscatolamento del pescato vario, ecc.)

1. Navi trasporto passeggeri

Le navi di questo tipo sono tutte a *doppia elica* e sono caratterizzate dal rapporto *N / LB*, dove N è il numero dei passeggeri alloggiati in cabina, *LB* l'area del rettangolo circoscritto al galleggiamento. L /B (Lunghezza/larghezza) = (7 ÷ 8,5).
La *struttura* dello scafo è generalmente a *sistema misto*: il sistema può essere *longitudinale* per il *medio* e *grande tonnellaggio*, o *trasversale* per il *medio* e *piccolo tonnellaggio.*



Cunard Line "MS Queen Mary 2"
Anno di costruzione 2003 – Lunghezza / Stazza: 1132 piedi / 150000 - Numero delle cabine / passeggeri: 1310 / 2620

L'*allestimento speciale* per navi di questo tipo varia per numero e tipo dei locali quali sale da pranzo, soggiorno, cinema, biblioteche, sale da fumo, da ballo, di ginnastica, di giochi per bambini, piscine, ponte sole,parrucchiere, passeggiate chiuse e scoperte, ospedali.
I *passeggeri* sono alloggiati in suite, cabine singole, cabine a due e a quattro posti; per navi adibite su medi e brevi percorsi si usa anche la sistemazione in *poltrone (Grimaldi Lines)* e per brevi distanze sistemazione tipo pullman.

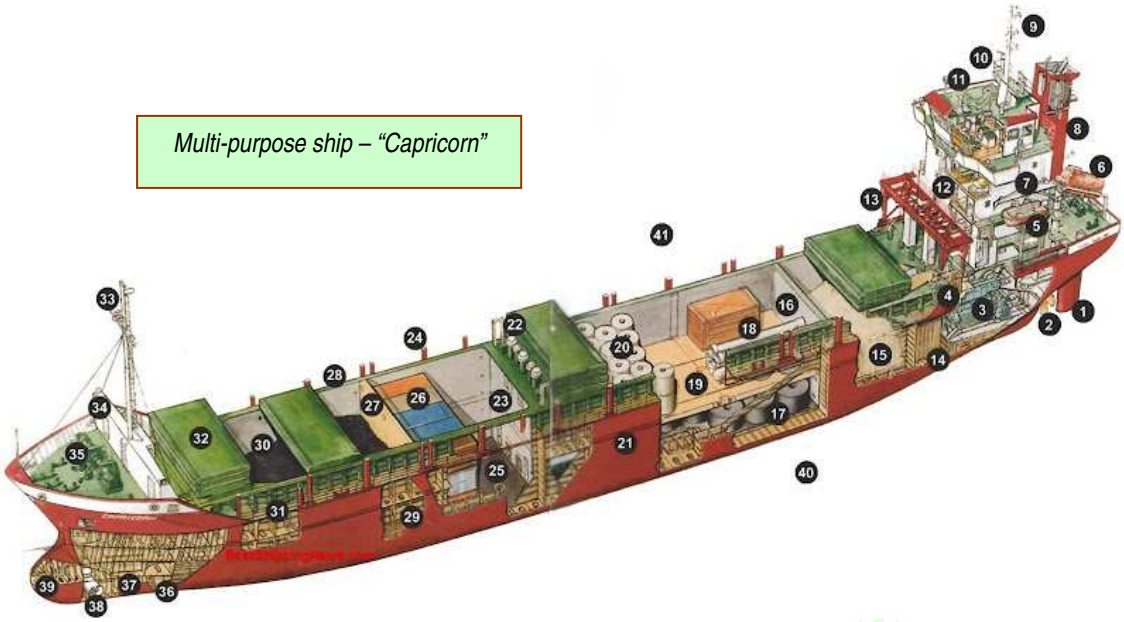
2. Navi da carico

▪ Navi per carico generale (general cargo)

Sono navi per carico *solido* o *"secco"* e progettate a uno o più ponti e a più compartimenti, sono dotate di attrezzature e installazioni del tipo classico; sono definite convenzionali in contrapposizione ai *nuovi* e diversi tipi di navi da carico secco. Questo tipo di nave è quello che si adatta ai vari tipi di carico trasportabili; viceversa, per determinati e particolari tipi di carico (merci) sono adatti tipi di navi specializzate.
Sono conosciute per il multiuso. Trasportano merci diverse, carichi generali sfusi, contenitori, incluso alcune piccole cisterne.

Multi-purpose ship – "Capricorn".
Length o.a. 118.55 m - Length b.p.p. 111.85 m - Breadth moulded 15.20 m - Depth to maindeck 8.45 m - Design Draught 6.30 m - Corresponding deadweight 6600 tons excl. grain bulkheads/tweendeck) - Containers (14 ton homogeneous, v.c.g. 45%) in accordance with ISO standard at mean draught of appr. 6.30 mtr. in hold 174 TEU on hatches 96 TEU - Containers in hold 174 TEU on hatches 242 TEU - Tonnage Regulation (London 1969) 4900 GT Grain capacity (excl. bulkheads) 328500 cbft.

Multi-purpose ship – "Capricorn"



1. Rudder - 2. Propeller - 3. Main engine with gearbox and shaft generator - 4. C02 bottles in C02 room - 5. Man overboard boat (MOB) - 6. Free fall lifeboat - 7. Crane for MOB, lifeboat, liferaft and provisions. - 8. Funnel with all exhaust pipes - 9. Rear mast with navigation lights - 10. Cross trees with radarscanners - 11. Topdeck with magnetic compass and search light - 12. Accommodation 13. Hatch cradle - 14. Heavy fuel oil tank - 15. Bulk cargo - 16. Vertical bulkhead or pontoon - 17. Heavy cargo, steel coils - 18. Project cargo - 19. Horizontal decks or hatchcovers - 20. General cargo, rolls of paper - 21. Shear strake - 22. Hold fan - 23. Fixed bulkhead - 24. Container pedestal - 25. Tanktop, max. load 15 t/m2 - 26. Containers, 5 rows, 3 bays - 27. Vertical bulkhead or pontoon - 28. Hatch coaming - 29. Wing tank (ballast) - 30. Bulk cargo - 31. Gangway - 32. Stacked hatches - 33. Top light, range light - 34. Breakwater - 35. Anchor winch - 36. Collision bulkhead - 37. Deeptank - 38. Bow thruster in nozzle - 39. Forepeak tank in bulbous stem - 40. Port side - 41. Starboard side

Geared general cargo "CREDO" (Shipowner: Rederi AB Donsötank, Sweden & ESL Shipping)

Le navi da carico generale rappresentano il 25-30% della flotta mondiale, ma ora sono spesso sostituite dalle navi container nel trasporto di le merci. Le nuove navi da carico generale ordinate o sono più specializzate, come ad esempio con gru per carichi pesanti, oppure sono multiuso, come classificate per servire le regioni artiche.

- ***Navi per carico solido imballato***

Trasportano merce contenuta un *balle* oppure in *recipienti* o *contenitori* o *unità di carico* più grandi. Si distinguono in navi *porta contenitori* o *portacontainer*, navi *portachiatte*, navi *per trasporto automezzi carichi*, navi *per carico palettizzato*.

1. Le *navi portacontainer* sono particolarmente studiate per il trasporto di carico imballato o posto in contenitori, robusti cassoni aventi altezza di circa 2,40 m, larghezza 1,80 m e lunghezza di 3 m, 6 m, 9 m, oppure 12. Oggi sono in esercizio anche contenitori per merce refrigerata.
   La struttura tipica di una nave portacontainer consta di un certo numero di locazioni (*slot o celle),* capaci di allocare un container da 20 piedi. Ogni slot è identificato dalla tripla (*baia, riga, tiro),* che ne rappresenta univocamente le coordinate nello spazio.

EMMA MAERSK

Tonnage (Stazza): 170974 GT (55396 NT) . – Length (Lunghezza): 397 m (1302 ft). – Beam (larghezza): 56 m (184 ft). – Draught (pescaggio): 15,5 m (51 ft). – Depth (profondità, altezza): 30 m (98 ft, dal ponte alla chiglia). – Propulsione: 80 MW (109000 HP), Wartsila 14RT/Flex96c, 30 MW (40000 HP) da 5 Caterpillar 8M32. – Speed (Velocità): 25,5 Knots (47,2 Km/h; 29,3 mph). – Capacità: 156907 DWT, 14770 TEU + 1000 TEU refrigerati. – Equipaggio: 13, cabine per 30).

2. *Navi portachiatte LASH (lighters-aboard-ship),* progettata per rimbarco e il trasporto di galleggianti parallelepipedi *(chiatte)* carichi di merce; il peso a pieno carico di una chiatta (delle dimensioni fino a oltre 30 m di lunghezza e 10 m di larghezza) supera anche le *400* t_p.

3. Navi *SB (Sea Barge* o anche *float on / float off);* si differenzia dal precedente tipo di nave per il sistema di imbarco delle chiatte, che vengono sollevate da mare mediante una piattaforma che può scorrere verticalmente, manovrata da una serie di verricelli al livello del ponte di stivaggio traslando su tappeti di rulli.

4. *Navi per il trasporto di automezzi carichi, Ro-Ro (Roll-on /Roll-off),* sono progettate per il trasporto di automezzi o semiarticolati, o solo rimorchi. La mercé è contenuta in tali mezzi, per cui imbarca provenendo dai depositi del luogo di produzione e sbarca raggiungendo i depositi del luogo di destinazione, senza essere manovrata da *mezzi* di bordo o di banchina.

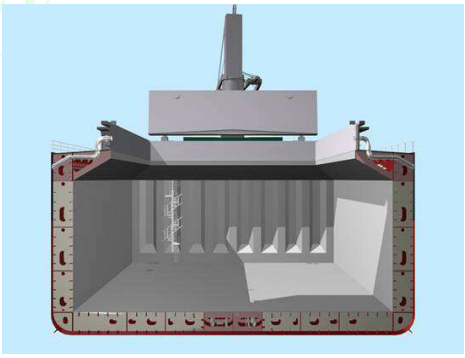
5. *Le navi per carico palettizzato (truck-to-truck),* sono studiate e progettate con sistemazioni e attrezzature atte ad accogliere *merce in colli (pallets)* di dimensioni limitate (per esempio di 1 m x 1 m x 1 m). Il *maneggio* è affidato a mezzi meccanici (*trucks,* carrelli elevatori a forca per la presa e trasporto in posizione definitiva di stivaggio di ciascun collo).

- ***Navi rinfusiere***

6. Sono quelle che trasportano merce solida *non imballata,* cioè non contenuta in *"unità di carico,* quindi *carichi* non liquidi e non utilizzati in container (cereali, carbone, minerali). Si distinguono in: 1) BC *(Bulk Carrier),* per carichi alla rinfusa in genere avente struttura ordinaria; 2) HC *(Heavy Carrier),* specialmente rinforzata per trasporto di carichi pesanti; 3) OC *(Ore Carrier),* specialmente rinforzata per trasporto di minerali; 4) HCE *(Heavy Carrier Empty),* specialmente rinforzata per trasporto di carichi pesanti e per poter navigare a pieno carico con determinate stive vuote *(carico distribuito in stive alterne);* 5) OCE *(Ore Carrier Empty),* specialmente rinforzata per trasporto di *minerali* e per poter navigare a *pieno carico* con determinate stive vuote; 6) SDOC *(Special Designed Ore Carrier),* espressamente progettata per il trasporto di minerali; 7) Nave Cementeria (Nave Silos), progettata e attrezzata per il trasporto di *cemento alla rinfusa*; per lo sbarco della merce viene impiegata una particolare attrezzatura di nastri convogliatori che assicura una notevole rapidità di maneggio nel carico.

Nave rinfusiera porta granaglie

Nave rinfusiera carboniera


Sezione trasversale di nave BC

7. *Navi rinfusiere refrigerate.* Navi di questo tipo sono utilizzate solo per il trasporto delle merci *solide deperibili.* In questa categoria rientrano le navi destinate al solo trasporto del pescato (non quelle da pesca). Le caratteristiche principali di progetto sono: *velocità* di esercizio elevata, *stabilità, volume* destinato al carico adeguato. Oltre al normale allestimento che è comune a tutte le navi, quelle refrigerate sono allestite con le seguenti strutture: *1) stive coibentate,* per la protezione dell'aria ambiente di modo che vi sia il *minimo scambio di calore* tra l'esterno e l'interno, e viceversa; *2) Impianto di refrigerazione* per la produzione del freddo avente potenza sufficiente per abbassare prima e poi mantenere alla dovuta temperatura l'aria ambiente delle stive; *3) Impianto di condizionamento* per quelle navi che trasportano merci deperibili che emettono *gas nocivi* alla merce stessa durante la permanenza nelle stive, come ad esempio le banane, le patate. L'impianto ha lo scopo di rinnovare l'aria eliminandone i gas nocivi, e di mantenere l'*umidità relativa* dell'aria nelle stive a un determinato valore costante; *4) Impianti teleindicatori e teleregistratori* delle *temperature, dell'umidità* e della presenza dell'*anidride carbonica.*

Dipendendo dal tipo di carico, la temperatura costante oscilla tra i 12ºC necessari per il trasporto delle banane, e i -15ºC / -30ºC per la frutta e il pesce congelato. Si caratterizzano esteriormente per avere una coperta sovrastata dal ponte di comando e varie gru di non più di 5/10 T per movimentare la merce dalle stive. Normalmente sono pitturate con il colore bianco (per riflettere i raggi solari).

8. *Navi rinfusiere per merci liquide e gassose.* Rientrano in questa classificazione i tipi di nave di seguito elencate.

a) *Navi da carico liquido (navi cisterne, Cst),* progettate per il trasporto della merce liquida alla rinfusa, *infiammabile* e *no*, in cisterne facenti corpo con le strutture dello scafo, o anche in grandi serbatoi, installati permanentemente a bordo.

Vetor srl Anzio - "VETOR QUINTO" -
Al termine del rifornimento di acqua potabile, pronta a salpare per le Isole Tremiti. Manfredonia (16.01.2012)

Si hanno navi per il *trasporto di acqua*, *Cst-acqua,* e *vino*, *Cst-vino,* nonché navi indicate con la sigla *Cst(il)* se il carico liquido è costituito da prodotti *infiammabili* allo stato liquido, a pressione atmosferica e temperatura ambiente (oppure mantenuti allo stato liquido mediante apporto di calore), con *punto d'infiammabilità inferiore ai 65 °C.* Si hanno poi le navi indicate con la sigla *Cst(il - pi > 65 °C)* il carico delle quali è costituito da prodotti aventi *punto d'infiammabilità superiore ai 65 °C. (Crude oil Carriers).*

La petroliera "JAHRE VIKING" (la nave più grande mai costruita)
Cantiere: Sumitomo Heavy Industries, Ltd., Oppama Shipyard – Propulsione: Sumito Stal-Laval AP Turbine, 50000 PS by 85 RPM – Lunghezza: 458.45 metri – Larghezza: 68.86 metri – Immersione: 24,61 metri – Tonnellaggio: GT (ITC69) = 260851; NT (ITC69) = 214793: DWT = 564763; Capacità cubica = 658362; Velocità = 13,00 nodi.
La Jahre Viking. era una nave petroliera norvegese, usualmente conosciuta con i nomi Seawise Giant, Happy Giant, e Knock Nevis.. Essa fu costruita tra il 1979 e il 1981, danneggiata nel 1986 da un attacco aereo iracheno mentre era in corso la guerra tra Iran ed Iraq, venne in seguito riparata e riprese infine servizio nel 1991. Nel 2010 smise di operare e nello stesso anno fu smantellata in India (Alang).

Il volume destinato al carico è suddiviso in compartimenti stagni *(cisterne)* a mezzo di paratie longitudinali e trasversali, con lunghezza della cisterna variabile in relazione al volume limite imposto dalla SOLAS; mezzi di carico costituiti da tubazioni e pompe.
La struttura dello scafo è a sistema longitudinale ad eccezione delle zone prodiera e poppiera, che sono a struttura trasversale.

b) *Navi per il trasporto di bitume*, a doppio scafo, che presentano la particolarità d'imbarcare la merce a circa *150°.* La merce deve restare sufficientemente isolata perché allo sbarco sia a temperatura tra i *100* e i *120 °C,* perché possa essere manipolata come un carico liquido.

c) *Navi per il trasporto di prodotti chimici allo stato liquido (Chemical Tankers).* Le navi di questo tipo sono individuate dalla sigla *Cst-CI*, e sono quelle il cui carico è costituito da prodotti chimici allo stato liquido a *pressione atmosferica* e *temperatura ambiente*, mantenuti allo stato liquido mediante apporto di calore, con qualsiasi punto di infiammabilità *(fenoli, ammoniaca, benzina e altri derivati del petrolio, ecc.).*
Le caratteristiche di queste navi sono analoghe a quelle delle navi cisterne, con maggiori restrizioni antincendio, antiesplosione e di sicurezza in genere.

Il maggiore armatore di trasporti di prodotti chimici via mare è la compagnia americana di origine norvegese Stolt Nielsen

La struttura dello scafo è a *sistema longitudinale* o *misto* con *doppio fondo* o *cofferdams* lateralmente alle cisterne del carico per protezione anticollisione e antincaglio.
Comparate con le petroliere, sono più piccole *(lunghe150 mt.);* anch'esse presentano una complessa rete di tubi ripartiti sopra tutta la coperta, inclusa qualche piccola cisterna sopra la coperta.
La portata varia *fra 5.000 e 10.000 T,* possono arrivare a *50.000 T.* Nelle loro numerose cisterne (40 o più) possono caricare tipi differenti di prodotti e sono classificate, secondo il rischio del carico, in tre classi (Tipo 1, 2 o 3).
Sono navi di un costo elevato per le loro esigenze costruttive come il doppio scafo, cisterne di acciaio inossidabile, e sofisticati sistemi di pittura.

d) *Navi per il trasporto di gas liquefatti*, allo *stato naturale (LNG: Liquefied Natural Gas),* a *bassa pressione (LPG: Liquefied Petroleum Gas)*, a *bassa temperatura (LTG).* Sono molto sofisticate all'interno e di alta tecnologia che si traduce in un alto costo di costruzione.
Con la sigla *Cst(GL)* sono individuate le navi il cui carico è costituito da *prodotti gassosi*, *idrocarburi, derivati* e/o *naturali*, *liquefatti per pressione* e/o *sottrazione di calore*.

Con la sigla *Cst(GCL)* sono indicate quelle il cui carico è costituito da gas *diverso* dagli idrocarburi. Sono dotate di serbatoi per il volume totale corrispondente alla portata massima, di un *impianto a gas neutro* per il lavaggio dei serbatoi e per mantenere la *pressione* durante il trasporto, di un impianto di ricupero dei gas, ecc.
Per liquefare il gas vi sono *due sistemi*: a pressione ordinaria *abbassandone la temperatura*, oppure a temperatura ordinaria *aumentandone la pressione*. Non è possibile seguire a scelta il sistema, perché esso dipende dalle *caratteristiche del gas*, e precisamente secondo che la *temperatura critica* abbia valore *inferiore* di quella normale (caso del *metano*), oppure *maggiore* (caso del *propano*, *butano*, ecc.), nel qual caso il gas si può liquefare a temperatura ordinaria. In genere si ha una temperatura pari a - *160 °C* oppure una pressione variabile da 30 a 9 atm. Si preferisce il trasporto del *gas liquefatto a bassa temperatura* perché meno pericoloso.

La nave LNG tanker "Mubaraz", costruita nel 2000 in Finlandia, con una lunghezza di quasi 300 metri e 135.000 m3 di capacità (la più grande del mondo), ha 4 cisterne sferiche di 40,44 mt. di diametro fabbricate con una lega di alluminio, magnesio e manganese.

LPG Tanker "YORK"

▪ Navi per trasporto carichi alterni

Assumono questa denominazione le navi che possono *alternare* nelle stive un *carico secco* a un *carico liquido*, oppure *due diversi carichi solidi.*

a) Nave *OOC (Ore or Oil Carrier), è* progettata per il trasporto di *minerale* oppure di *petrolio* (o *prodotti affini).*

b) Nave *OBO (Ore-Bulk-Oil),* è progettata per il trasporto di carico *secco alla rinfusa,* oppure di *petrolio*: lo scafo ha un disegno strutturale e una compartimentazione diversi dal precedente tipo.

Nave OBO. Da notare l'apertura laterale dei boccaporti e sui fianchi le tubazioni per la movimentazione dei carichi liquidi.

c) Nave *OSO (Ore-Slurrry-Oil), è* studiata per il trasporto di *minerale* mantenuto in *sospensione in acqua* o petrolio, il cosiddetto *slurry,* melma liquida costituita dal *granulato di minerale* in sospensione. Questo sistema consente di manipolare il *carico solido* (minerale) alla stregua di un *carico liquido*, a mezzo di pompe e tubazioni.

d) Nave COC (container and ore carrier), è progettata per il trasporto combinato di due carichi solidi: o *minerale* oppure *contenitori.*

e) Navi per trasporto di carichi combinati. Vi sono pochi prototipi delle interessanti realizzazioni di navi che trasportano *contemporaneamente due carichi di diversa natura*, come navi per trasporto combinato di *carico liquido* e *gas liquido* e navi per il trasporto combinato di *carico secco* e *carico liquido.*

▪ Navi per trasporto di merci pericolose in colli

Ai fini del trasporto sono considerate *merci pericolose* quelle che possono esporre a un rischio specifico le persone incaricate delle operazioni di *imbarco*, *trasporto, sbarco* e *trasbordo,* quelle imbarcate sulla nave e la nave stessa, la fauna e la flora marine, le spiagge.

Si considerano merci pericolose: *esplosivi, gas compressi, gas liquefatti refrigerati e gas disciolti sotto pressione, liquidi infiammabili, solidi infiammabili, materie che a contatto con l'acqua sviluppano gas infiammabili, materie comburenti, perossidi organici, materie tossiche, materie infettanti, materie radioattive, corrosivi, materie pericolose diverse.*

3. Navi trasporto merci e passeggeri

Navi traghetto. Le navi di questo tipo espletano un servizio particolare di collegamento veloce con itinerario prestabilito per il trasporto merci (convogli ferroviari, automezzi, container) o solo passeggeri (o entrambi).
Per la manovrabilità hanno eliche di manovra trasversali *(thruster)* prodiere e poppiere, con propulsione a doppia elica.
Sono caratterizzate da allestimento speciale per trasporto passeggeri e/o merci (razzatura e mezzi di sollevamento), portelloni a prua e/o poppa e/o murata, secondo le caratteristiche delle banchine nei porti capolinea.

4. Navi per eseguire lavori

Devono rispondere ai requisiti fondamentali: *architettonici, strutturali, di allestimento e di esercizio*, questi ultimi variano da nave a nave. Per navi di questo tipo e contemplata la *doppia velocità* (di *esercizio* e di *lavoro*) e un'elevata autonomia. Di seguito vengono considerate le navi *posacavi,* le navi *draga* e le navi *per la pesca.*

a) *Navi posacavi.* Il periodo di oscillazione di rollio è *non minore di 7 sec.,* l'apparato motore è di tipo Diesel-elettrico, la velocità di lavoro fino a 8 nodi.
L'allestimento speciale può variare secondo che si tratti di *posa* o di *manutenzione di cavi.* L'attrezzatura per la nave destinata alle pose è composta da un gruppo di *pulegge prodiere* e una *puleggia poppiera* di diametro adeguato alle necessità della curvatura del cavo sottomarino, da vasche (stive) per il deposito dei cavi sottomarini con possibilità di allagamento e svuotamento, nonché da una *macchina di posa rotativa prodiera* per i cavi convenzionali e una *macchina lineare poppiera* per la posa dei cavi antitorsionali, da un *gruppo dinamometrico* per ciascuna macchina di posa. Diversi accessori, nelle vasche e sui ponti, regolano lo svolgimento del cavo nel suo percorso fino alle puleggie di fuoriuscita dalla nave.

b) *Navi draga.* Si tratta di navi il cui lavoro è quello di eliminare i sedimenti dal fondo dei porti offrendo così un maggiore pescaggio. Vengono classificate in *semoventi* e no, portuali, costiere, d'alto mare. Hanno una robustezza di costruzione molto elevata e da perfetta navigabilità.
L'allestimento speciale è costituito da benne o tubazioni aspiranti secondo il fondo marino, pozzi per la conservazione e trasporto del dragato.

c) *Navi da pesca.* Le navi di questo tipo, non soggette alle regole della SOLAS, si suddividono in: 1) navi per la pesca in superficie; 2) navi per la pesca di fondo; 3) navi pescherecce a piccola autonomia; 4) navi pescherecce a grande autonomia.
Ai fini dell'abilitazione alla navigazione si classificano in: 1) navi da pesca costiera, *locale* e *ravvicinata;* 3) navi da *pesca mediterranea* (d'altura); 5) navi da *pesca oceanica* (oltre gli stretti).
L'allestimento speciale è costituito da apparecchiature elettroniche per la ricerca e la cattura della fauna marina (sonar, scandagli) e apparecchiature di controllo della quota della rete., dell'apertura della bocca del sacco della rete.

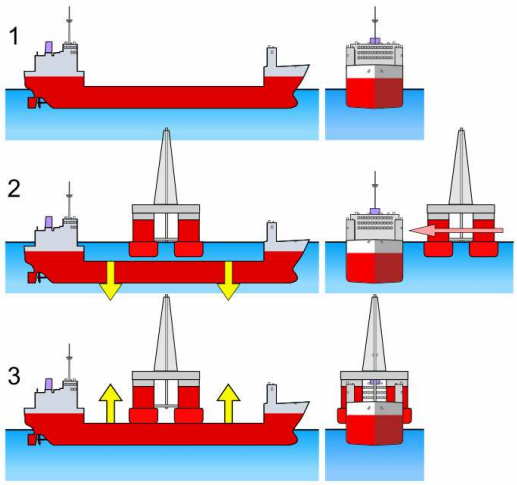
Sono presenti macchinari per la scelta, pulizia, lavorazione, preparazione del pescato (lavatrici, decapitatici), apparecchiature oleodinamiche per la centralizzazione dei comandi, impianti per la conservazione della fauna (refrigerazione, surgelazione, condizionamento).

Nave da pesca (trawler). Lo spaccato mette in evidenza la timoneria, l'asse dell'elica, l'Apparato Motore, l'impianto frigorifero al di sopra della stiva refrigerata a bassa temperatura per il pesce (a proravia dell'App. Motore, l'elica prodiera (bow thruster). È visibile al centro della nave il grande argano usato per la manovra delle reti.

d) *Rimorchiatori.* È una tipologia di nave, ad uso sia civile che militare, che ha il compito specifico di rimorchiare, ovvero trainare tramite un cavo di rimorchio, navi in difficoltà a causa di guasti od incidenti ed in maniera particolare per operare all'interno di bacini e porti e sopperire alla minore manovrabilità di navi di grande dimensione.
Sono caratterizzati dalle dimensioni relativamente contenute, dalla struttura particolarmente robusta ed atta a condizioni di mare anche proibitive e dal notevole rapporto potenza/peso. La propulsione è in genere assicurata da: eliche intubate da mantello Kort , SRP (Scottel Rudder Propeller).

Una tipica operazione condotta da tre rimorchiatori in un canale

e) Navi speciali. In questa classificazione comprendere tutte le navi che non sono comprese in quelle già trattate. Sono navi costruite per un uso specifico. Nella figura sottostante si riporta una nave *"bacino galleggiante".*



Si tratta di una nave progettata per il trasporto di carichi galleggianti, molto voluminosi (piattaforme, navi). La nave si sommerge quando vengono riempite con acqua le sue cisterne di zavorra (2), lasciando la superficie della coperta libera. Il carico (in figura, una piattaforma petrolifera), si posiziona (3) sulla nave-bacino e questa, espellendo l'acqua di zavorra sale portando il carico sopra il livello del mare.

f) Navi FPSO (Floating Production, Storage and Offloading). Nave piattaforma mobile (galleggiante di produzione, stoccaggio e scarico); si tratta delle moderne piattaforme di estrazione del petrolio. La sua principale caratteristica è la mobilità; possono andare da un giacimento all'altro per estrarre il greggio.
Sono parenti delle grandi petroliere con una torre di estrazione e scarico dei gas, e un eliporto.

FPSO ship "Xikomba", ex VLCC tanker Mosocean.

LA PROPULSIONE NAVALE

RESISTENZA AL MOTO DI UNA NAVE

Ogni corpo in moto in un fluido è soggetto ad una forza che si oppone al moto, ossia ad una resistenza all'avanzamento, per superare la quale occorre produrre una *forza* che lo mantenga in moto. Questa forza propulsiva si chiama *spinta;* lo studio idrodinamico dei dispositivi capaci di produrla (*propulsori*) dà luogo a quella branca della teoria della nave detta *propulsione* navale.

Quando una nave avanza in acqua, si oppone al suo moto *una potenza resistente* P_R proporzionale al *cubo della velocità* e dovuta ai *vortici* creati dall'avanzamento della nave stessa nell'acqua, ma soprattutto all'*attrito* di questa sull'opera viva immersa.

$$R_t = R_a + R_o + R_v + R_{aria}$$

Rt = Resistenza totale

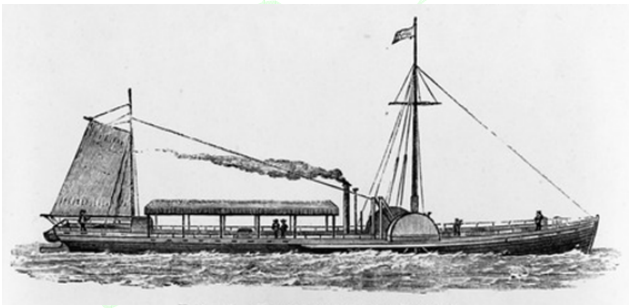
Ra = Resistenza di attrito *Ro = Resistenza d'onda*

Rv = Resistenza ai vortici *Raria = Resistenza all'aria*

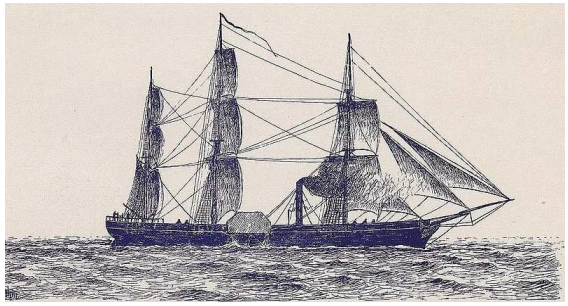
Se si vuole che la nave continui a procedere a *velocità costante,* si rende necessario imprimere con continuità allo scafo una *potenza propulsiva* P_P uguale e contraria a tale *potenza resistente* al moto. Si raggiunge questo obiettivo grazie a speciali dispositivi denominati *propulsori* e che ricevono a loro volta *potenza meccanica* fornita continuamente da un *motore* installato a bordo.

TIPI DI PROPULSORI NAVALI

La prima nave a *propulsione meccanica* fu il *Clermont,* che nel 1807 navigò per 250 miglia lungo il fiume Hudson grazie a un *propulsore a ruote* realizzato dall'ingegnere statunitense *Robert Fulton* (1765-1825). Già nel 1818 la *Savannah* compiva la prima traversata atlantica.



Clermont, 1807



Savannah,1818

Questo noto e suggestivo propulsore era costituito da due grosse ruote disposte ognuna sulle murate della nave e portanti alla periferia una serie di pale radiali fisse o orientabili; le ruote erano collegate trasversalmente da un albero rotante azionato da una motrice alternativa a vapore e la loro rotazione comportava un'azione delle pale paragonabile a una successione continua di remate. Il propulsore a ruote venne largamente impiegato per oltre mezzo secolo, ma i problemi legati al suo ingombro laterale e soprattutto le frequenti avarie dovute al rollio e al mare agitato fecero sì che verso la fine dell'Ottocento venisse sostituito dal *propulsore a elica.*

Il propulsore classico è l'*elica navale a pale fisse (FPP, Fixed Pitch Propeller),* formata da due o più pale, di solito da *tre a sei,* fissate a uguale distanza su un *mozzo* solidale con un asse collegato con quello del motore di propulsione e che fuoriesce dallo scafo nella zona poppiera.
La maggior parte delle navi sono provviste di un solo asse dell'elica, mentre per alcuni tipi di navi (ad esempio *navi passeggeri,* molti rimorchiatori, grandi *navi cisterna* e *portacontenitori*) esigenze di sicurezza richiedono la presenza di *due assi,* ognuno azionato da un suo *motore di propulsione*. Il materiale con cui l'elica è costruita deve avere nello stesso tempo *elevata resistenza* agli sforzi meccanici, alla corrosione e all'*usura,* ed è di solito un *acciaio speciale* o una *lega di bronzo.*
Durante il suo funzionamento l'elica si comporta come una *pompa assiale* la quale, spingendo all'indietro l'acqua che elabora, subisce nel verso opposto una *reazione propulsiva uguale e contraria,* che trasmette a sua volta allo scafo.

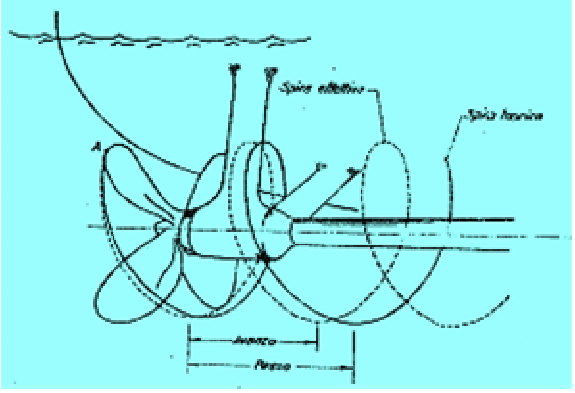
Elica navale destrorsa a 5 pale fisse (Fixed Picth Propeller, FPP):

1) mozzo, solidale con l'asse portaelica
2) superficie attiva (faccia poppiera)
3) dorso (faccia prodiera)
4) spigolo di entrata (fende l'acqua)
5) spigolo di uscita
6) attacco (dove la pala si unisce al mozzo)
7) apice (sommità della pala).

Un'elica si dice destrorsa se, vista da poppavia mentre la nave si allontana in marcia avanti, ruota in senso orario; sinistrorsa se ruota in senso antiorario.
In genere, nelle navi bielica, l'elica di dritta è destrorsa, quella di sinistra è sinistrorsa.

Come mostra la figura, la faccia poppiera (2) della pala è detta *superficie attiva* perché con essa l'elica spinge indietro l'acqua quando ruota in marcia avanti, mentre la faccia prodiera (3) è detta *dorso.* Un'elica si dice *destrorsa* quando un osservatore a poppavia di una nave che si allontana vede l'elica ruotare in senso orario, *sinistrorsa* se la vede ruotare in senso antiorario. Con riferimento alla marcia avanti, *spigolo di entrata* (4) è il lembo della pala che fende l'acqua, mentre l'altro (5) è lo *spigolo di uscita.*

Paragonando l'elica a una vite che si avvita nella madrevite, *passo dell'elica è* la distanza di cui essa avanzerebbe a ogni giro se si avvitasse in un mezzo non cedevole; dato però che le pale di un'elica hanno forma elicoidale non regolare, il passo varia da punto a punto della pala sia in senso radiale sia in senso circonferenziale, per cui per passo si sottintende *il passo medio.*



Regresso dell'elica:

$r = \frac{p - a}{p} \cdot 100$

p = passo teorico
a = avanzo

Es.
p = 5 m ; a = 4,5 m

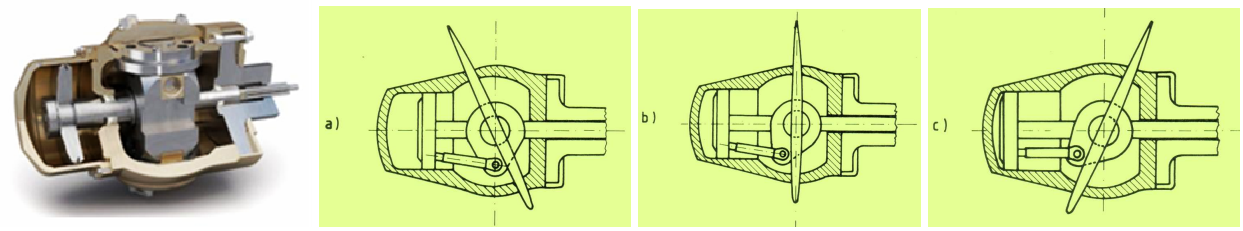
$r = \frac{5-4{,}5}{5} \cdot 100 = \frac{0{,}5}{5} \cdot 100$ *= 0,1·100 = 10 %*

Purtroppo non si riesce a evitare che l'elica disperda in *attriti* e in *moti vorticosi* dell'acqua parte della *potenza che riceve dall'asse*, per cui essa ne trasmette allo scafo solo il *70 ÷ 80%* circa, a seconda del *tipo di elica* e soprattutto della sua *velocità di rotazione*; questa varia in generale tra *60 e 130 giri al minuto,* ma ogni elica è caratterizzata da un suo numero di giri ottimale e, se si discosta da questo per eccesso o per difetto, le sue prestazioni calano in misura molto marcata.

Questo è uno dei motivi per i quali è stata concepita *l'elica a pale orientabili (CPP, Controllable Pitch Propeller)*, così chiamata perché le pale possono ruotare intorno al proprio asse tramite bielle collegate a un piatto che si muove in senso longitudinale grazie a un'asta che scorre dentro l'asse portaelica ed è azionata da un pistone idraulico. In questo propulsore a ogni numero di giri si possono ruotare le pale nella posizione alla quale è massima la frazione di potenza ricevuta dall'asse che viene ceduta realmente allo scafo come *potenza propulsiva.*

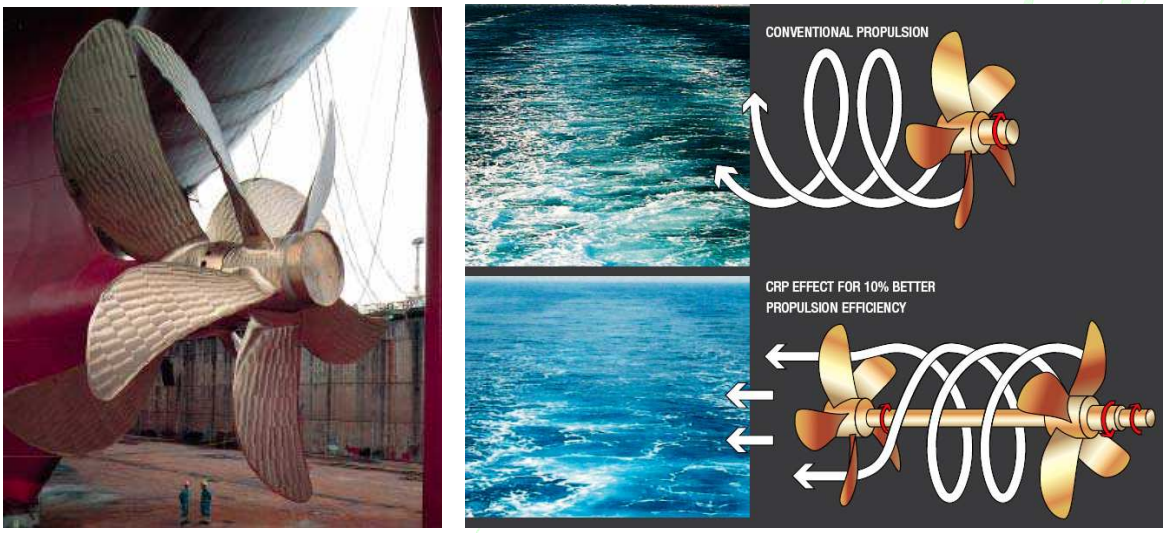
Wärtsilä progetta e produce eliche CPP (Controllable Pitch Propellers) per le navi mercantili, per navi militari and superyacht

Le eliche a pale orientabili si sono affermate negli anni '80 e oggi superano diametri di 7 metri, con potenze trasmesse di oltre 30 MW. Sono *più costose* di quelle a pale fisse ma, oltre ad avere un buon rendimento anche al variare del numero dei giri, presentano i seguenti altri vantaggi:
- ruotandole fino a *passo zero,* si può annullare la spinta *senza dover fermare i motori;*
- consentono l'*inversione di marcia* senza complicazioni impiantistiche sui motori, con vantaggi in manovra e rendendo disponibile la *piena potenza* anche in marcia addietro.

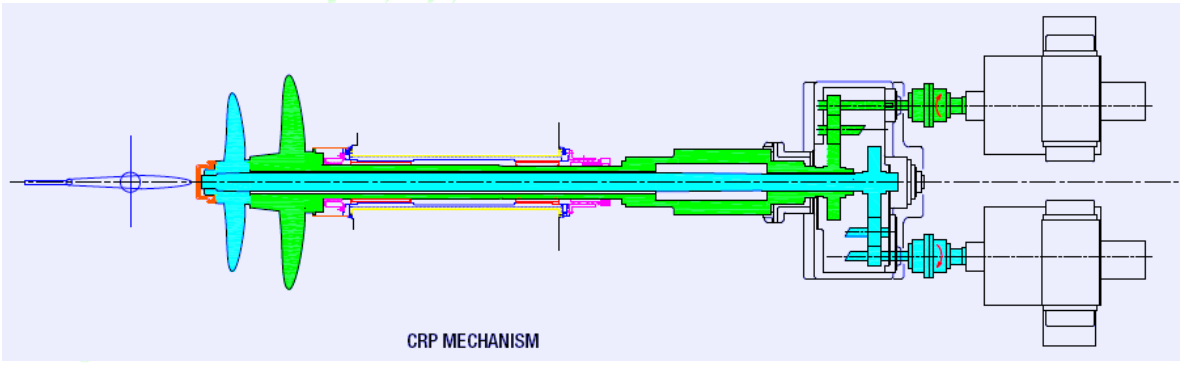


Sistema di comando delle pale orientabili: a) marcia avanti, destrorsa; b) spinta nulla; c) marcia indietro.

▪ *Le eliche controrotanti (CRP)*



WÄRTSILÄ - CRP (Contra-Rotating Propeller) sulla VLCC OKINOSHIMA-MARU, 258000 DWT
Il principio di funzionamento è semplice ed efficace: la potenza è ripartita su un'elica anteriore e una posteriore che attraverso il senso diverso di rotazione può annullare le perdite di energia rotazionale dietro la prima elica.

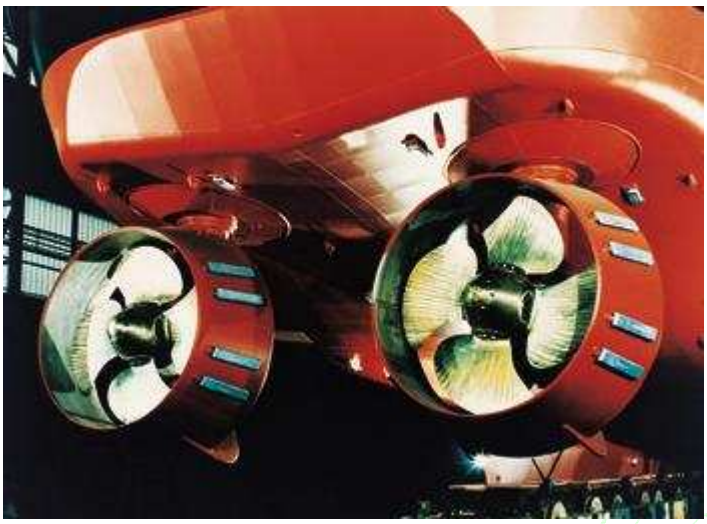


Il sistema CRP di propulsione con eliche controrotanti consiste di 2 assi concentrici.

Meritano un cenno altri *tipi di propulsori,* interessanti anche se meno diffusi, quello *azimutale* e l'*Azipod, il propulsore cicloidale,* l'*idrogetto.*

▪ *Il propulsore azimutale*

È un'elica montata su un braccio che può ruotare di 360° e azionata da un *motore alloggiato dentro lo scafo;* più che come propulsore principale, trova impiego come organo di governo prodiero, in alternativa alle eliche di manovra trasversali *(bow thruster).*
I principali propulsori azimutali sono: l'*elica-timone,* le *eliche in tandem* e i *Pod.*



Elica-timone (Rudder-propeller) con mantello (nozzle).

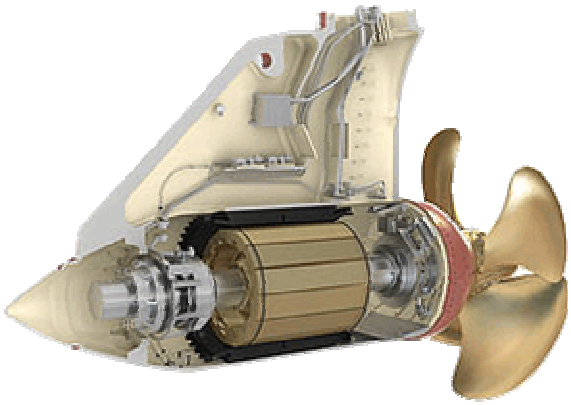
Trova impiego sia come organo sia come propulsore principale sia come organo di governo prodiero.
Può essere a pale orientabili o fisse, è quasi sempre provvista di mantello.

Le eliche in tandem (Twin-propeller).

Sono due eliche a pale fisse ruotanti nello stesso verso e azionate da un asse che può ruotare anch'esso intorno all'asse verticale di comando.
Le alette intermedie recuperano l'energia di rotazione creata dall'elica frontale, nella cui scia lavora l'elica posteriore che ha un passo maggiore, aumentando il rendimento fino al 20 %.

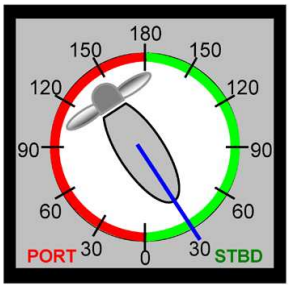
- *AZIPOD (Azimuthing Podded Drive)*

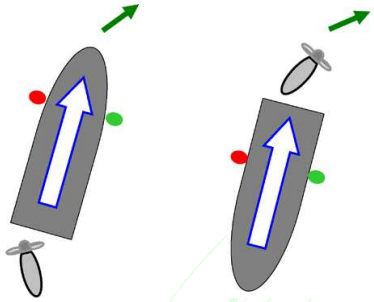
Un *motore elettrico sincrono* posto in un *bulbo ruotante* fuori dello scafo aziona un'*elica a pale fisse* che può invertire il senso di rotazione e ruotare di 360°. L'Azipod, montato fin da metà anni '90 su *supply vessels,* rompighiaccio e piccole navi petrolchimiche, è in rapida espansione su *grandi navi passeggeri* e unisce i vantaggi del propulsore azimutale con quelli della *propulsione elettrica*, cioè elevata *manovrabilità in virata,* negli *arresti rapidi* e nell'*inversione di marcia, eliminazione del timone* e delle eliche laterali di manovra poppiere, recupero dello spazio occupato dai motori elettrici, libertà di scelta nella sistemazione a bordo dei motori primi e degli alternatori, *non necessità di eliche a pale orientabili,* riduzione delle sollecitazioni sullo scafo, delle vibrazioni e della rumorosità.
Il POD è quasi sempre installato nella zona poppiera e può funzionare con: 1) azione traente (pull); 2) spingente (push); 3) doppia (tandem).
Le navi passeggeri installano di solito *due propulsori traenti*, oppure anche tre, di cui due laterali traenti e uno centrale *fisso spingente*, con potenze unitarie variabili da 10 a 30KW.



Motore elettrico sincrono posto nel bulbo

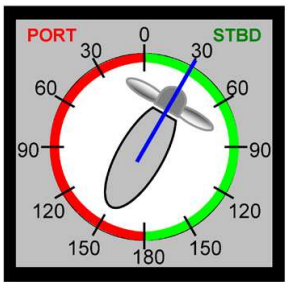
"Freedom of seas" - Azipod (laterali traenti, quello centrale spingente)





Moto avanti, angolo del timone: esempio di accostata a dritta.

Moto addietro, angolo del timone: esempio di accostata.



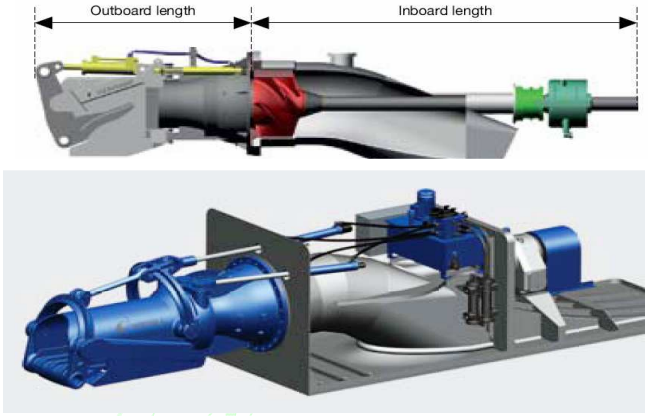
▪ *Il propulsore cicloidale (o voith-schneider)*

Si è affermato da più di un secolo su natanti a *elevata manovrabilità,* come traghetti, rimorchiatori e *supply vessels.* È formato da quattro a sei pale verticali, diritte e rastremate verso il basso, disposte alla periferia di un tamburo rotante e in grado esse pure di ruotare intorno al proprio asse verticale. Agendo sul numero di giri del tamburo (80+130 giri/min) e sull'inclinazione delle pale, si genera una spinta propulsiva in qualsiasi direzione, con intensità variabile da zero a un massimo. La potenza può provenire da *motori diesel* o da *motori elettrici.* Esistono sistemazioni con un solo propulsore (installato sotto lo slancio di poppa) o con due (a poppa e a prua oppure laterali), ma la complessità del sistema e l'ingombro sotto carena hanno limitato la diffusione di questo tipo di propulsore.

Sistemazione di due VSP (Voith Schneider Propellers) in un VWT (Voith Water Tractor, Rimorchiatore)

▪ *L'idrogetto*

Genera una spinta propulsiva per reazione di un getto d'acqua espulso ad alta velocità. Un motore aziona una pompa semiassiale o assiale che aspira l'acqua da una presa mare e la spinge in un ugello da cui esce il getto. La bocca di aspirazione sul fondo è ad asse inclinato per facilitare l'ingresso dell'acqua e l'ugello ha un deflettore terminale orientabile per indirizzare il getto: si realizzano così *marcia avanti* e *addietro, accosti, virate* e *arresti rapidi*. Il sistema offre vantaggi di leggerezza e manovrabilità soprattutto per *piccoli natanti,* ma non mancano applicazioni su navi militari e mercantili, tra cui alcuni nuovi tipi di *traghetti veloci.*



US NAVY, LCS-2 USS "INDEPENDENCE" (Propulsori WÄRTSILÄ Waterjats: 2 x LJ150E laterali , 2 x LJ160E centrali)

TIPI DI APPARATI MOTORI

I motori impiegati nella propulsione navale sono *motori termici a combustione chimica,* nei quali cioè un combustibile liquido è bruciato per liberare *calore*, che poi il motore converte in *energia meccanica,* a sua volta trasmessa con continuità nel tempo come *potenza meccanica* alla linea d'assi.
La scelta dell'apparato motore dipende dal *tipo di nave*, dalla frequenza con cui sono richieste *variazioni di velocità*, *arresti* o *inversioni di marcia,* da esigenze di *economia di gestione* e di *autonomia,* dallo *spazio disponibile* per l'apparato motore medesimo.
Gli impianti motori, *semplici* o *combinati,* che si impiegano nella propulsione navale sono:

- *motori diesel a quattro tempi semiveloci e veloci*
- *motori diesel a due tempi lenti*
- *turbine a gas*
- *turbine a vapore.*

Di seguito si riportano alcune nozioni. Lo studio vasto, articolato e spesso anche complesso verrà affrontato nella relativa disciplina si *Meccanica e Macchine Marine (Indirizzo Apparati ed Impianti Marittimi).*

▪ *Motori diesel a quattro tempi*

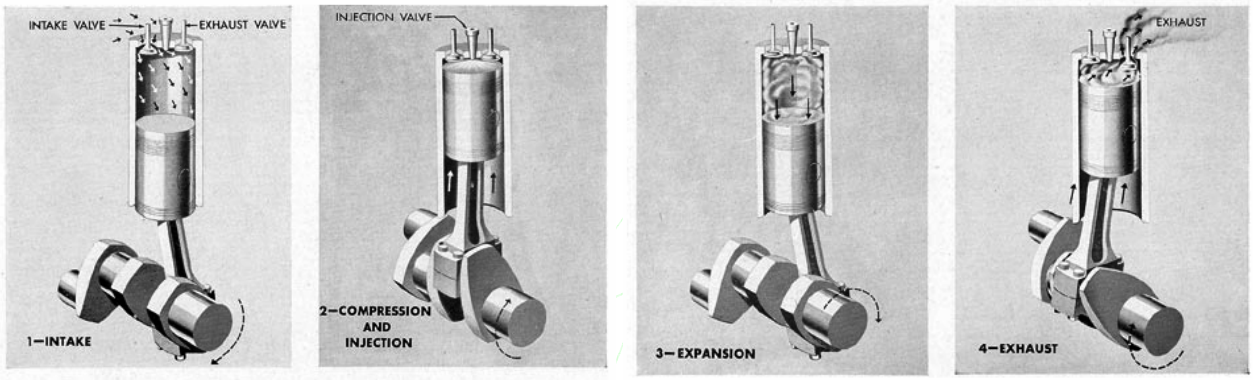
I *motori diesel* prendono il nome dall'ingegnere tedesco Rudolf Diesel, che alla fine dell'Ottocento giunse per primo a fissare le *basi termodinamiche teoriche* del principio di funzionamento di un motore a combustione interna.
I motori diesel sono detti in gergo anche *motori a nafta* perché bruciano combustibili medi *distillati medi e residuali* indicati spesso col nome generico di nafte.

Prendono anche il nome di *motori a combustione spontanea,* poiché il combustibile, ridotto in minutissime goccioline da un polverizzatore che lo inietta nel cilindro al termine della corsa di *compressione* del pistone, si incendia spontaneamente a mano a mano che viene iniettato.

La *classificazione* più importante dei motori diesel è fatta in base al *numero di corse (strokes)* compiute tra il punto morto superiore (PMS) e il punto morto inferiore (PMI) dal pistone in un ciclo completo. Poiché queste corse vengono dette impropriamente *"tempi",* i motori diesel possono essere a *quattro tempi* o a *due tempi.*

- Nei *motori a quattro tempi,* grazie a valvole comandate di ammissione e di scarico che si aprono e si chiudono in momenti prestabiliti, nella prima corsa verso il PMI *(aspirazione = intake)* il pistone riempie il cilindro di aria (1), quindi inverte il moto e, salendo verso il PMS, la comprime (2); avvenute l'iniezione e la combustione, i gas combusti fanno compiere una terza corsa al pistone (3) e, quando questo raggiunge il PMI, una parte di essi si scarica spontaneamente all'esterno, dopo di che il pistone inverte ancora il moto ed espelle i gas combusti residui (4).

Il pistone compie dunque quattro corse in *due giri dell'albero motore.*

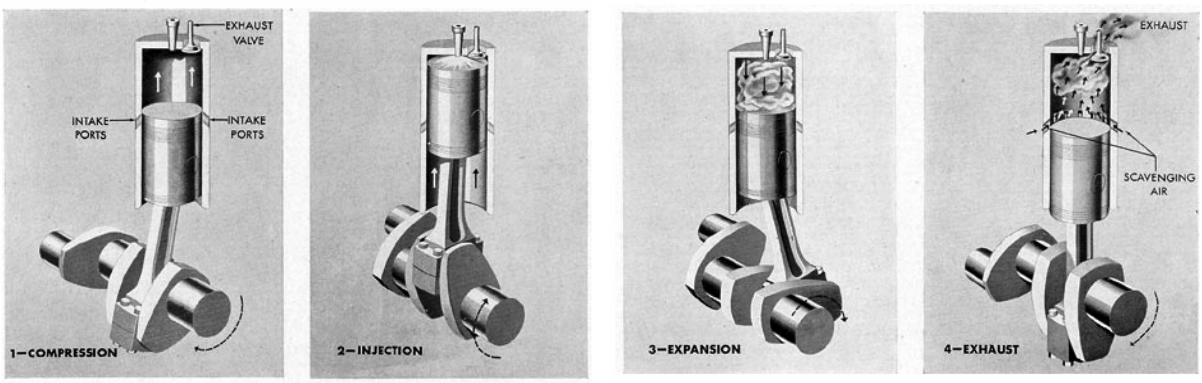


Fasi del Motore Diesel a 4 Tempi

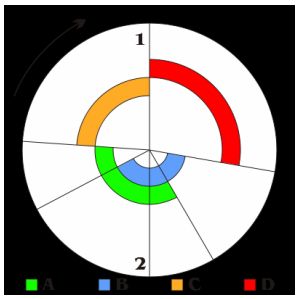
▪ Motori diesel a due tempi

Nei *motori a due tempi* i gas combusti vengono fatti uscire mentre entra la carica di aria fresca (lavaggio), attraverso luci o valvole durante l'ultimo tratto di corsa del pistone verso il PMI e nel suo primo tratto di corsa di risalita verso il PMS; i gas combusti escono spontaneamente e l'aria fresca entra sospinta da una pressione esterna creata dalla cosiddetta *pompa dell'aria;* successivamente il pistone compie la corsa di *compressione,* poi il polverizzatore inietta nafta polverizzata nel cilindro, avviene quindi la combustione e infine il pistone riscende, compiendo la corsa utile di *espansione.*

L'intero ciclo di lavoro si compie dunque in un giro dell'albero motore, cioè durante due corse del pistone.



Fasi del Motore Diesel a 2 Tempi



Ciclo termico di un motore Diesel 2T unidirezionale.
1 = PMS
2 = PMI
A = Lavaggio
B = Scarico
C = Compressione
D = Espansione

In base al *regime rotazionale*, i motori diesel navali possono essere classificati in:

- *motori a due tempi lenti* (low speed), con velocità compresa fra 50 e 150 giri/min, impiegati come motori di propulsione e tali da poter essere accoppiati direttamente sull'elica;
- *motori a quattro tempi medioveloci* (medium speed), con velocità compresa mediamente fra 400 e 600 giri/m, impiegati come motori di propulsione (previo accoppiamento indiretto tramite riduttore del numero di giri) o come motori di comando di alternatori;
- *motori a quattro tempi veloci* (high speed), con velocità compresa mediamente fra 800 e 2000 giri/min, impiegati come piccoli motori di propulsione (sempre con accoppiamento tramite riduttore del numero dei giri) o come motori di comando di alternatori.

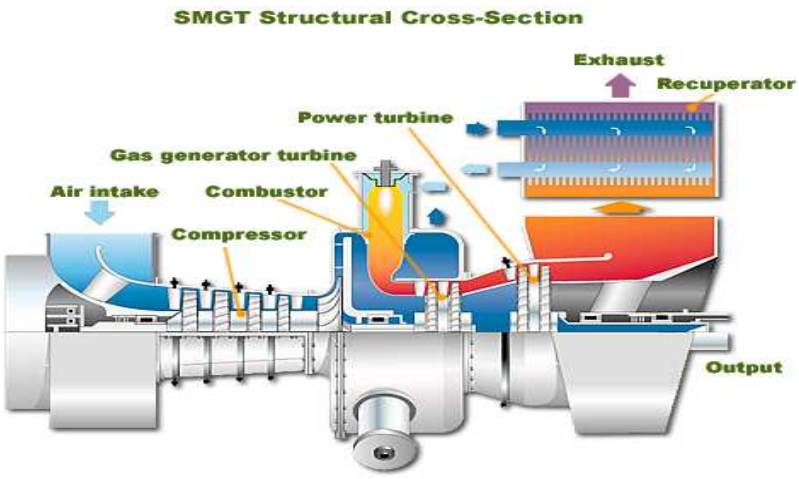
Un'ultima classificazione permette infine di distinguere i motori diesel in *normali (o aspirati)* e *sovralimentati,* cioè alimentati con *aria sotto pressione*. Con la sovralimentazione aumentano, a parità di volume, le *masse di aria* e *combustibile* inviate nei cilindri, quindi la potenza. In pratica tutti i motori navali sono sovralimentati.

NOTA. Il testacroce collega lo stelo dello stantuffo al piede di biella, obbligando quest'ultimo a muoversi di moto rettilineo.

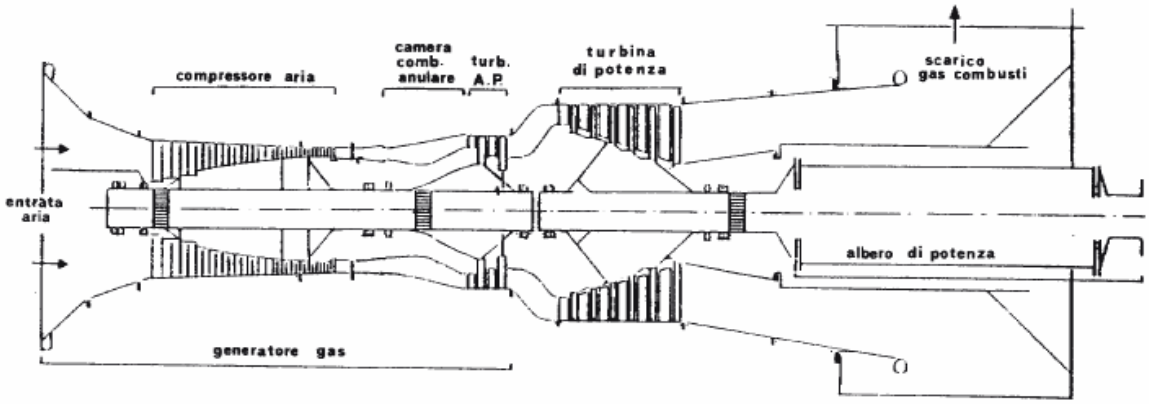
Il più potente motore diesel al mondo: Motore Wärtsilä-Sulzer RTA96-C. Motore due tempi turbodiesel: 14 cilindri, 80080 kW (108.920 HP), 102 giri/minuto, consumo medio al regime di massima economia è di circa 6000 litri/ora di gasolio, lunghezza 26.7 m, altezza 13,2 m. (installato a bordo della nave portacontenitori "Emma Maersk").

▪ *Turbine a gas*

Non ha avuto molte applicazioni nella marina mercantile perché presenta consumi elevatissimi e può utilizzare solo nafte di determinata qualità, svantaggi che non sono compensati dal piccolo peso e dall'ingombro ridotto di questo tipo di apparato motore.



Kawasaki Heavy Industry Ltd. Super Marine Gas Turbine (SMGT)

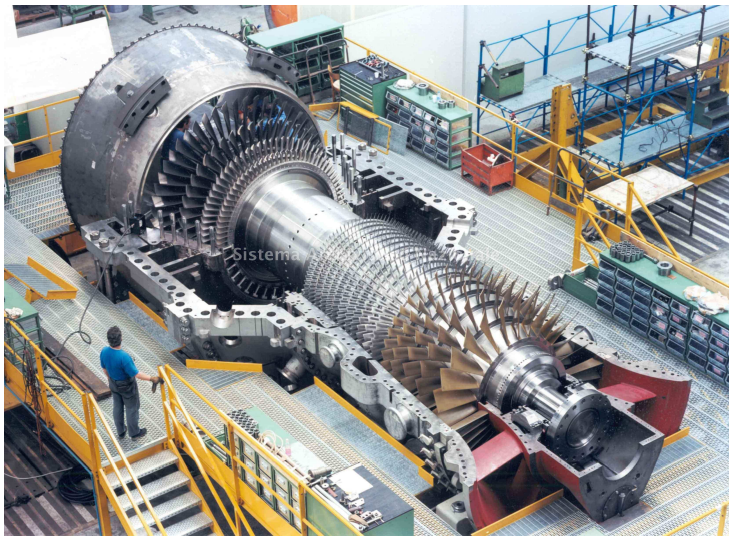


Schema funzionale e realizzazione effettiva della turbina LM 2500

La T.A.G. sostanzialmente è composta dalle due distinte parti: dal generatore di gas combusti e dalla turbina di potenza. La potenza prodotta dalla combustione viene impiegata sia per la compressione dell'aria sia dall'utilizzatore esterno mediante le due turbine di alta e bassa pressione: queste due turbine non sono meccanicamente collegate ovvero possono ruotare indipendentemente l'una dall'altra.

Questo apparato necessita di un'*elica a passo variabile,* in quanto la turbina è una macchina *non reversibile* e la soluzione adottata sugli impianti a vapore non è applicabile. Dal punto di vista del rendimento, e di conseguenza del consumo, l'impianto turbogas è il peggiore: bassi rendimenti ed alti consumi.

Certe navi imbarcano apparati motori a gas, irreversibili e di esercizio costoso perché sono apparati leggeri, anzi, molto leggeri. Hanno cioè un rapporto peso/potenza estremamente favorevole e nettamente migliore rispetto a quello di diesel e vapore. Allora, quando il peso è un fattore vincolante, la soluzione T.A.G. diventa quella ottimale se non quella obbligata (navi militari).

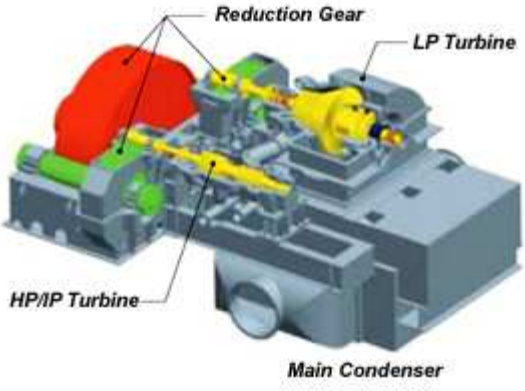


Stabilimento Ansaldo Energia di Genova, lavorazione di una turbina a gas, 2004 (Archivio Fotografico Ansaldo Energia)

Infine è utile ricordare che tale apparato, pur potendo funzionare con una *vasta gamma di combustibili*, nasce per utilizzare combustibili liquidi come i *kheroseni* e i *gasoli* e non, come erroneamente si potrebbe ritenere, combustibili gassosi: l'accezione *turbina a gas* è in contrapposizione alla *turbina a vapore,* ovvero con particolare riferimento al *fluido motore* che, nel primo caso è costituito dai *gas combusti*, nel secondo dal *vapore d'acqua*.

- ***Turbine a vapore***

Un impianto a vapore è essenzialmente costituito da una *caldaia* che genera vapore e da una *macchina motrice (Turbina)* che lo utilizza, oltre al *condensatore* che trasforma il vapore esaurito in *acqua* da inviare nuovamente in caldaia.



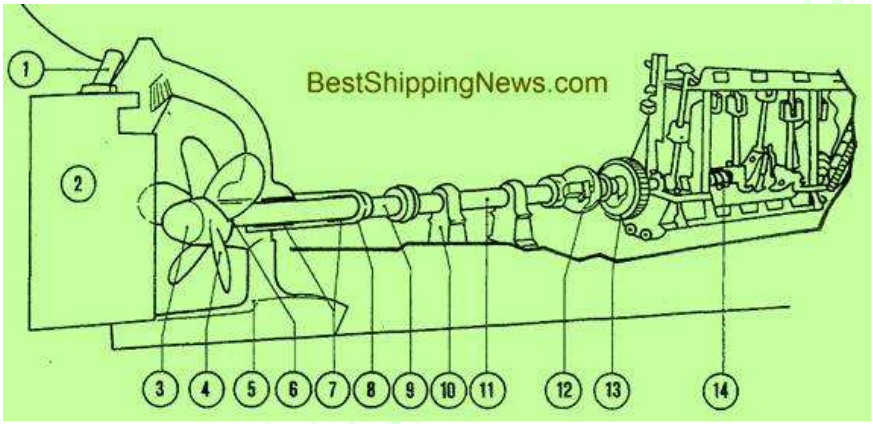
MR-II & MS-2 serie turbina a vapore sono progettate per raggiungere potenze fino a 45 MW. I cinque elementi di base sono: 1) high & intermediate-pressure o highpressure turbine; 2) low-pressure turbine; 3) reduction gear (gruppo riduttori); 4) main thrust block and main condenser (blocco principale e condensatore principale).

La turbina è una macchina unidirezionale, ovverosia *irreversibile.* Questo vuol dire che per *invertire* il senso di rotazione dell'elica occorre inserire nel sistema una *apposita turbina,* appunto, la turbina di *marcia addietro.*

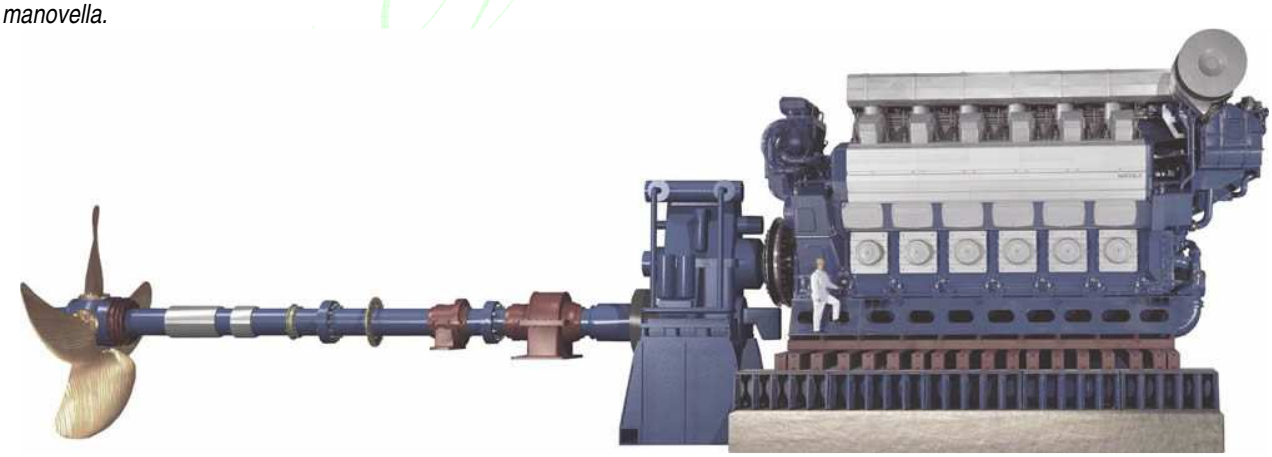
Il problema si risolve inserendo la *turbina di marcia addietro* sullo stesso asse della *turbina di bassa pressione,* oppure considerare di poter teoricamente adottare anche sull'impianto a vapore un'*elica a passo variabile.*

RIDUTTORI - LA LINEA D'ASSI - GIUNTI

La posizione dell'apparato motore varia a seconda del tipo di apparato motore medesimo, di nave e di carico trasportato, ma in ogni caso il *motore* e il *propulsore* sono collegati tra loro con la cosiddetta *linea d'assi,* di cui si riporta un tipico schema strutturale semplificato.
Procedendo da poppavia a proravia, il *propulsore* è unito a un *asse portaelica* racchiuso in un *astuccio* e collegato *all'asse intermedio* con un *giunto;* la linea d'assi è supportata da *cuscinetti portanti,* mentre un *cuscinetto reggispinta* ha il compito di trasmettere allo scafo la spinta propulsiva dell'elica; dopo un eventuale *riduttore del numero dei giri,* un secondo *giunto di accoppiamento* collega infine l'asse intermedio all'*albero motore.*



Schema linea d'assi
1 – Asse del timone; 2 – Timone; 3 – Cappuccio del propulsore; 4 – Propulsore; 5 – Calcagnolo; 6 – Pressatrecce dell'astuccio dell'asse portaelica; 7 – Astuccio asse portaelica; 8 – Pressatrecce dell'astuccio dell'asse portaelica; 9 – Asse portaelica; 10 – Cuscinetti portanti linea d'assi; 11 – Asse intermedio; 12 – Reggispinta dell'elica; 13 – Riduttore di giri; 14 – Albero motore a manovella.

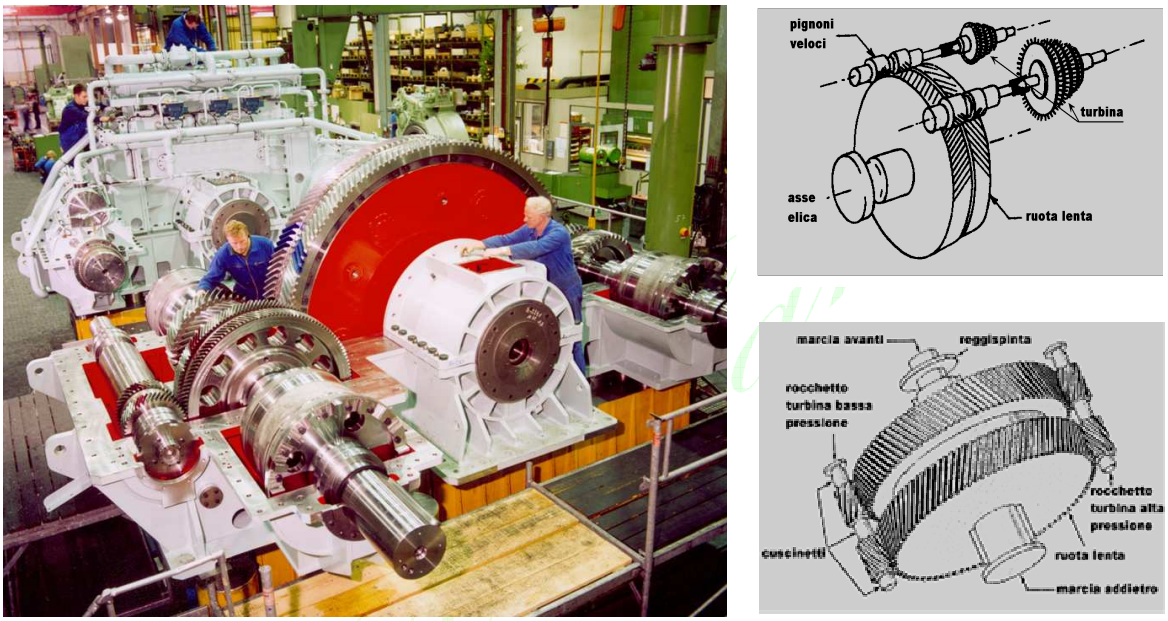


Linea d'assi - Wärtsilä 6L32
Il Wärtsilä 32 è un motore diesel turbo-compresso 4 tempi, non reversibile, con iniezione diretta di carburante

Un buon rendimento propulsivo si può ottenere solo con bassa velocità di rotazione dell'elica, che dipende dalla potenza richiesta e dalla velocità della nave e può variare dai 100-125 giri/min delle navi da carico ai 400-500 giri/min delle navi militari veloci.

Il costo, l'ingombro e il rendimento della macchina motrice *(turbina a vapore)* indirizzano il progettista a scegliere un'elevata velocità di rotazione della macchina stessa. In questo caso è necessario introdurre un organo di trasmissione con funzione di collegamento dei due elementi che marciano a velocità diverse.

Trasmissione diretta. L'accoppiamento diretto della linea d'assi è adottato per grandi motori Diesel lenti.
Riduttore ad ingranaggi. Qualunque sia l'apparato motore prescelto, è necessario procedere al buon accoppiamento tra l'apparato motore e l'elica allo scopo di impiegare *con il massimo rendimento* la potenza prodotta dall'apparato stesso: tale operazione viene generalmente eseguita tramite il *riduttore di giri* (o, semplicemente, *riduttore*).



Gruppo riduttori, a doppia riduzione (foto a colori); riduzione semplice (di colore grigio)

Il riduttore è sostanzialmente un accoppiamento di ruote dentate, ove quella relativa all'asse nel quale viene introdotta la potenza motrice viene definito pignone mentre quella relativa all'asse condotto viene detta ruota; nella figura (1) è rappresentato un riduttore a singola o semplice riduzione (ovvero formato da un solo accoppiamento pignone-ruota) con i due ingressi per le turbine di alta e bassa pressione di un impianto a vapore.
Si definisce rapporto di riduzione il rapporto fra i diametri della ruota e del pignone ovvero: r = DR/DP = NP/NR; notare che il rapporto di riduzione è anche eguale al rapporto tra il numero di giri del pignone e quello della ruota: la ruota ha diametro maggiore e gira a velocità di rotazione inferiore.

Giunti. Il collegamento tra il motore ed il riduttore avviene mediante un sistema di accoppiamento detto *giunto* che serve ad unire l'asse del motore con quello di ingresso della potenza nel riduttore; il giunto, che deve avere delle dimensioni tali da permettere la trasmissione della potenza prodotta dal motore può essere *fisso* o *disinseribile*.

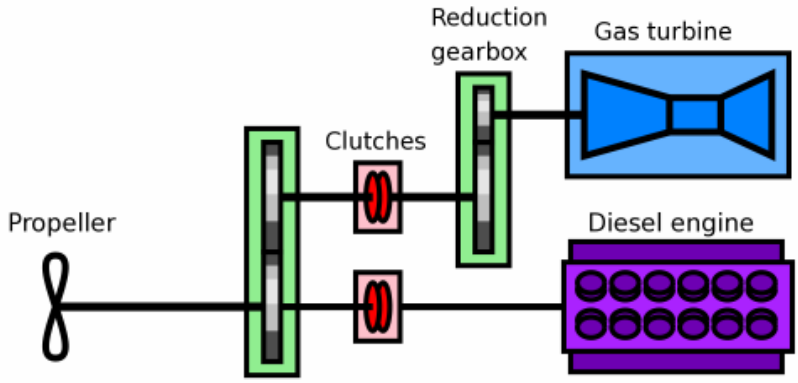
APPARATI MOTORI COMBINATI

Nei vari tipi di apparati motori semplici brevemente illustrati si è notato come ognuna delle tre principali tipologie *(endotermico diesel e turbogas, esotermico a vapore)* abbia sia vantaggi che limiti piuttosto stringenti, per cui non sempre la scelta di un particolare tipo di apparato permette di coniugare al meglio vantaggi e svantaggi.

Per questa ragione sono nati ed hanno trovato larga applicazione gli *impianti combinati,* ovvero degli apparati motori che possono produrre la *potenza necessaria* tramite più impianti di *diversa natura,* in modo che ognuno di questi venga utilizzato solo per quei regimi che permettono di massimizzare i vantaggi.
Sebbene gli impianti combinati siano stati massicciamente adottati su navi di grande dislocamento, sia *militari* che *civili,* soprattutto a partire dagli anni '70, nondimeno la prima forma nella quale si è proposta la combinazione di apparati diversi è stata quella degli impianti *Diesel-Elettrici,* utilizzati principalmente per i *sommergibili,* ma oggigiorno anche per navi di superficie.

- ***Sistema CODOG (COmbined Diesel or Gas, Combinato diesel o gas)***

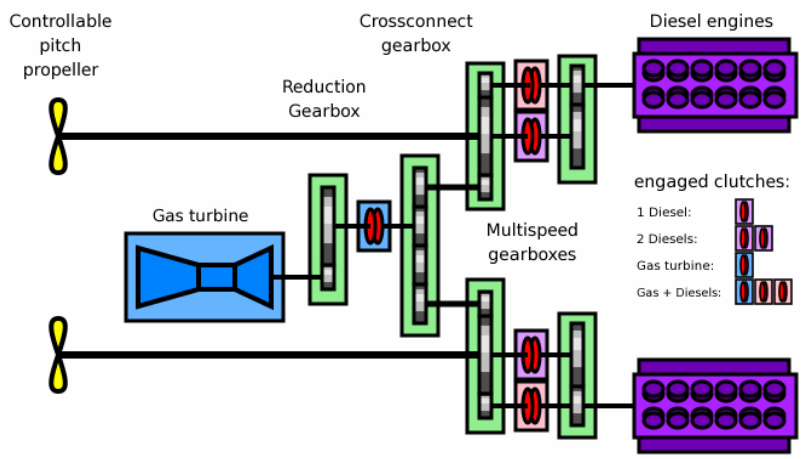
È un tipo di propulsione navale per navi che richiedono una velocità massima considerevolmente maggiore della velocità di crociera, in particolare navi da guerra, come le fregate o le corvette moderne.



In questo sistema ogni elica dispone di un *Motore Diesel* per la velocità di crociera e di una *Turbina a Gas* per l'alta velocità. Entrambi i propulsori sono connessi all'asse dell'elica mediante il sistema di trasmissione, anche se solo un propulsore alla volta può essere utilizzato. In questo si differenza del sistema *CODAG* che può usare la *potenza combinata* di entrambi i propulsori. Il vantaggio del sistema CODOG rispetto al CODAG è di avere un sistema di *trasmissione più semplice*, ma ha l'inconveniente della necessità di turbine a gas di maggiore potenza o di un numero maggiore di turbine a gas per ottenere la stessa potenza, con la conseguenza di un *consumo di carburante maggiore* rispetto al sistema CODAG.

- ***Sistema CODAG (COmbined Diesel And Gas, Combinato diesel e gas)***

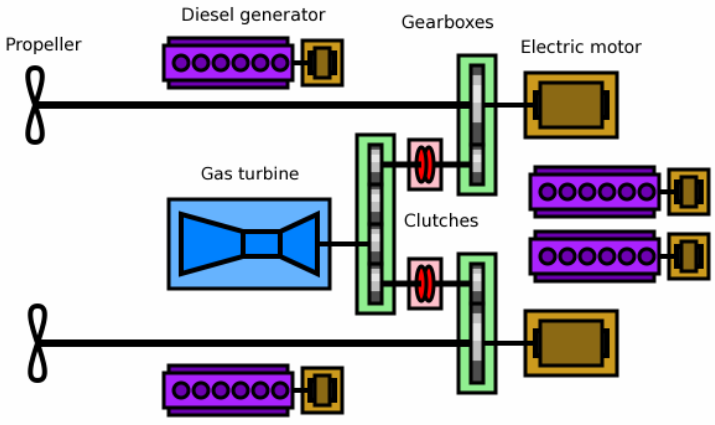
È un tipo di propulsione navale per navi che richiedono una velocità massima considerevolmente superiore a quella di crociera, in particolare navi militari come fregate e corvette.
Il sistema consiste in *Motori Diesel* per la *velocità di crociera* e *Turbine a Gas* che possono essere inseriti per i tratti ad alta velocità. Nella maggior parte dei casi la differenza di potenza tra il solo motore diesel e il combinato tra diesel e turbina a gas, è tanta da richiedere eliche a passo variabile per limitare la rotazione in modo che i motori diesel possono continuare ad operare senza cambiare il rapporto di trasmissione degli ingranaggi. Per questo motivo si richiedono tipi di trasmissione multipla.



In questo il sistema CODAG si differenzia dal sistema CODOG, che accoppia i motori diesel agli assi/eliche con trasmissione semplice e li *disaccoppia* all'attivarsi della turbina.
Il sistema di propulsione occupa meno spazio, a parità di potenza, rispetto ad un sistema basato solo sui diesel, dato che possono impiegarsi motori più piccoli e che sia la turbina a gas che la trasmissione non necessitano di spazio addizionale. Il sistema CODAG ha un'alta efficienza nell'uso del combustibile dei motori diesel nella navigazione da crociera, permettendo maggiore velocità e riducendo il consumo di combustibile rispetto al solo uso delle turbine a gas. Per contro richiede un sistema di trasmissione più complesso.
Tipicamente, la velocità tipica di crociera delle navi militari con propulsione CODAG è di 20 nodi sfruttando solamente la propulsione diesel, può raggiungere una velocità massima di 30 nodi accoppiando la propulsione diesel con la propulsione a turbina a gas.

- ***Sistema CODLAG (COmbined Diesel-eLectric And Gas)***

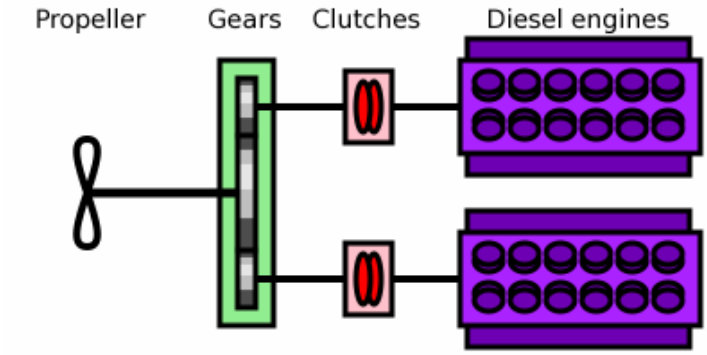
È un sistema di propulsione navale ottenuto modificando il sistema CODAG.
Il sistema di propulsione CODLAG si basa sull'impiego di *Motori Elettrici* direttamente connessi agli assi (generalmente due) delle eliche. I motori vengono alimentati da *Generatori Elettrici* e per avere velocità maggiori, come avviene in sistemi di propulsione CODAG, viene inserita la *Turbina a Gas* che viene *disconnessa* dal sistema di trasmissione per tornare alla velocità di crociera.



Questo sistema che usa i *motori diesel* sia per la propulsione che per la *produzione di energia elettrica* per i servizi di bordo *riduce notevolmente i costi*, poiché diminuisce il numero dei motori diesel destinati ai diversi servizi della nave e i motori elettrici necessitano una minore manutenzione. Inoltre potendo i motori elettrici lavorare più efficacemente in un più ampio numero di giri, e potendo

essere direttamente collegati all'asse dell'elica, risultano più semplici i sistemi di trasmissione per accoppiare e disaccoppiare i sistemi diesel - elettrici con la turbina a gas.
Il sistema CODLAG non va confuso con il sistemi *CODAG - Elettrico* che usa la *Turbina a Gas* come un generatore. In questo sistema i motori elettrici non sono collegati direttamente alle eliche come nel sistema CODLAG, ma ad un sistema di ingranaggi che trasmette la potenza erogata dai motori elettrici all'asse dell'elica. Questo sistema è adottato nella modernissima nave passeggeri inglese Queen Mary 2 (Nel sistema ci sono tre possibili andature: 1) Con i soli *generatori diesel* che alimentano i motori elettrici; 2) Con la sola turbina a gas; 3) con i motori elettrici che in questo caso vengono trascinati dagli assi delle eliche e funzionano come generatori.

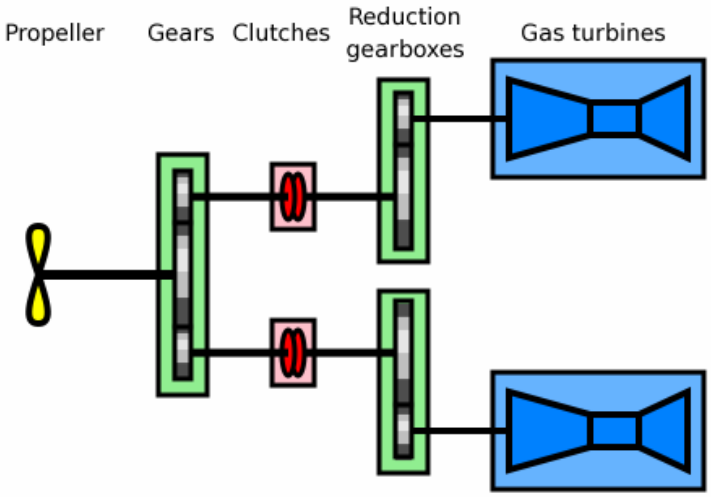
- ***Sistema CODAD (COmbined Diesel And Diesel)***



È un tipo di propulsione navale nel quale due *Motori Diesel* agiscono su un'unica elica. Il sistema di trasmissione si occupa di fare agire *uno o entrambi* i motori diesel sull'asse dell'elica.

- ***Sistema COGAG (COmbined Gas turbine and Gas turbine)***

È un tipo di propulsione navale nel quale due *Turbine a Gas* sono connesse ad un'*unica elica* ed il sistema di trasmissione si occupa che una delle due turbine o le due turbine accoppiate agiscano sull'asse dell'elica.

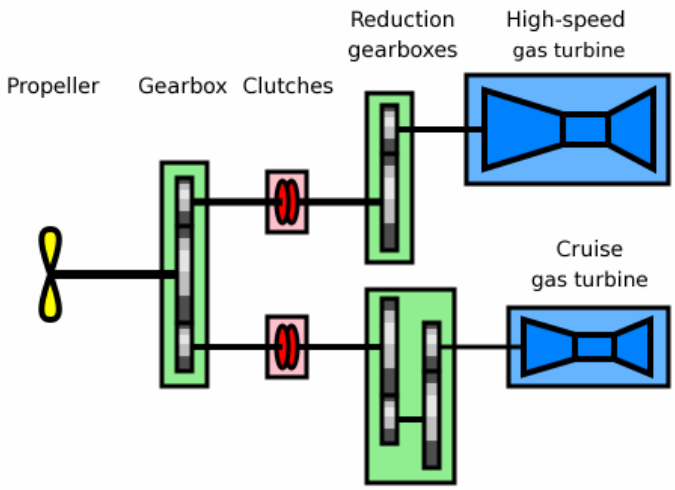


Il sistema delle due turbine presenta il vantaggio di poter disporre di due differenti configurazioni di potenza.

L'*efficienza* della combustione delle turbine a gas è migliore quando è vicina al *massimo* livello della sua potenza, quindi una turbina di bassa potenza, operando al limite massimo della sua potenza è più efficiente di una di potenza doppia che eroga metà della sua potenza. Questo sistema permette un risparmio di energia quando la nave viaggia alla velocità di crociera.
Paragonato al sistema CODAG (combinato diesel e gas) o CODOG (combinato diesel o gas), i sistemi COGAG occupano uno spazio minore, ma sono meno efficienti alla velocità di crociera *(portaerei Cavour).*

- ***Sistema COGOG (COmbined Gas Or Gas, combinato gas o gas)***

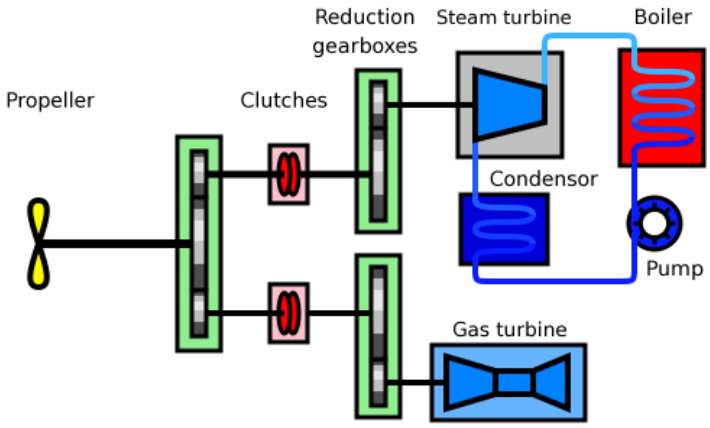
È un tipo di propulsione navale per navi equipaggiate con Turbine a Gas. Il sistema impiega una turbina a *bassa potenza* e ad alta efficienza per la *velocità di crociera* ed una ad *alta potenza* per gli spunti ad alta velocità.



Il sistema della trasmissione permette di selezionare *una delle due* turbine, che però *non possono* essere usate simultaneamente. Il vantaggio di questo tipo di propulsione consiste nel richiedere un sistema di trasmissione semplice.

- ***Sistema COSAG (COmbined Steam And Gas, combinato a vapore e a gas***

È un sistema di propulsione navale che usa una combinazione di *Turbine a Vapore* e *Turbine a Gas.*

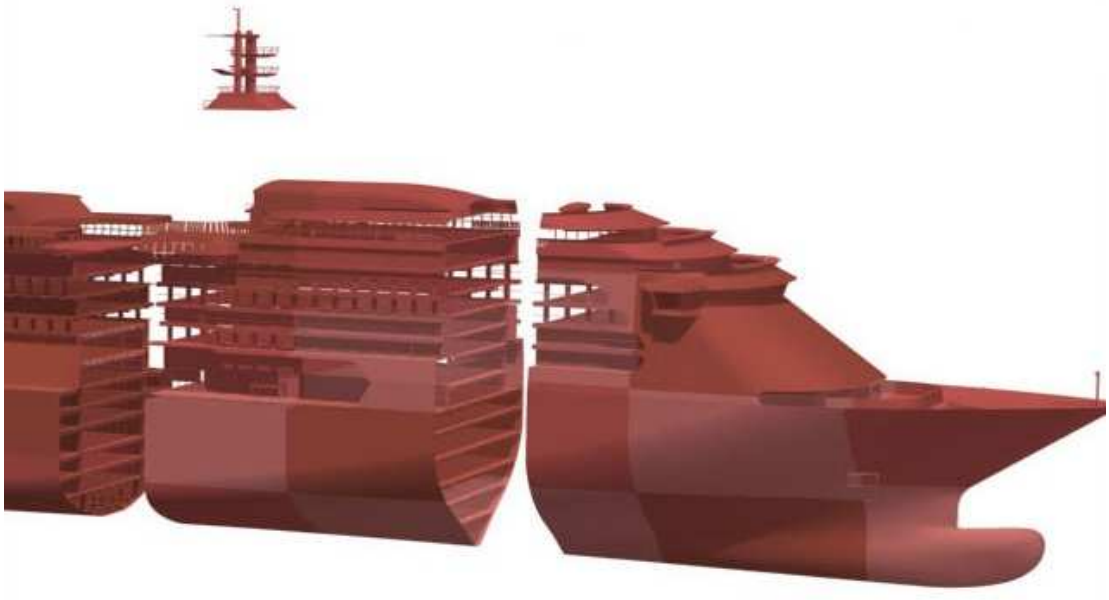


Il sistema di trasmissione fornisce la potenza delle turbine a vapore o delle turbine a gas o di entrambi alle eliche. Le turbine a vapore vengono utilizzate per le *velocità di crociera* e le turbine a gas per gli spunti di alta velocità o improvvise partenze.

STRUTTURA E COSTRUZIONE DELLA NAVE

COMPETENZA IN ESITO N° 3
GESTIRE LA LOGISTICA DEL MEZZO NAVALE (GESTIRE IN MODO APPROPRIATO GLI SPAZI A BORDO E ORGANIZZARE I SERVIZI DI CARICO E SCARICO, DI SISTEMAZIONE DELLE MERCI E DEI PASSEGGERI)

Abilità	3.1 - Riconoscere le condizioni di sicurezza del mezzo di Trasporto nave 3.2 - Individuare e rappresentare le caratteristiche della struttura, delle parti, delle sistemazioni per la conduzione del mezzo di trasporto nave.
Conoscenze	▪ Struttura, robustezza e sicurezza del mezzo di trasporto-nave ▪ Gli spazi e la loro organizzazione geometrica della nave ▪ Insiemi strutturali e propulsivi, per la condotta ed il controllo del mezzo di trasporto-nave.
Contenuti	- Sistemi di costruzione - Struttura, robustezza - Suddivisione interna dello scafo - Piani della nave - Allestimento Navale - Sistemazioni per il governo e la manovra navale



Royal Caribbean "RADIANCE OF THE SEAS" - Parti strutturali (Cantieri Mayer Werft, Papenburg - Germania)

I SISTEMI DI COSTRUZIONE DELLA NAVE

La *costruzione della nave* si occupa dello studio delle *strutture della nave* e di tutte le parti che debbono essere sistemate a bordo per assicurarne il funzionamento, ad eccezione dell'*Apparato Motore.*
Longitudinalmente lo scafo si presenta come una lunga *trave scatolare* (per le navi di superficie) e *tubolare* (per le navi subacquee) diaframmata, di altezza quasi costante, a sezione variabile. Inferiormente a doppio fasciame *(doppio fondo),* superiormente a uno o molteplici piani *(ponti)* e lateralmente a fianchi semplici *(murate)* o doppi *(doppio fasciame esterno).* Trasversalmente lo scafo si presenta come tanti telai *(ossature, bagli;* i *bagli* sono travi arcuate che collegano trasversalmente le *costole,* irrigidendole), di forma quasi *rettangolare* nella zona centrale della nave e *triangolare* nelle zone estreme *(prua-poppa)* ad angoli molto arrotondati.
Un elemento efficace è costituito dalle divisioni interne *(paratie trasversali),* delle quali sono essenziali la *paratia di collisione* (prodiera); la *paratia del premitrecce* (poppiera: evita l'ingresso dell'acqua dal foro di uscita dell'asse dell'elica); le due paratie delimitanti il *locale apparato motore* per le navi aventi detto locale non ubicato a poppa, le quali sono tutte *paratie stagne;* le paratie longitudinali (copertini, casse, ecc.), di cui il *doppio fondo* è la principale suddivisione che si trova in tutte le navi di considerevoli dimensioni, ivi comprese le navi cisterna di grande dislocamento. Il doppio fondo verrà esteso, per motivi protettivi dall'inquinamento delle acque in caso di incaglio, arenamento, ecc., anche alle navi cisterna di medio tonnellaggio.

Royal Caribbean
"RADIANCE OF THE SEAS"

La *struttura* è composta dall'*ossatura interna* e dal *fasciame esterno* (del fondo, dei fianchi e dei ponti). Quest'ultimo è circa il *70%* del peso totale delle strutture dello scafo. L'*ossatura interna* può essere *trasversale* o *longitudinale* o *mista* e serve a dare sostegno al fasciame esterno/interno e nello stesso tempo a costituire il rinforzo di detto fasciame.
La nave si dice a *struttura trasversale* quando il fasciame si appoggia a *ossature trasversali frequenti;* si dice a *struttura longitudinale* quando si hanno *ossature longitudinali frequenti* coadiuvate da *poche ossature trasversali* molto robuste (paratie o telai rigidi).

Le strutture navali

Per sopportare i carichi cui è soggetta, la nave presenta una struttura formata da pannelli di lamiera saldata, irrigiditi da travi e profilati di vario genere, a costituire un insieme di telai trasversali e longitudinali.
Le lamiere ed i rinforzi che formano i telai trasversali, costituiscono una struttura resistente alle sollecitazioni prevalentemente trasversali. I telai longitudinali, invece, conferiscono allo scafo metallico la necessaria rigidezza nei confronti di carichi longitudinali sia in acqua tranquilla che sull'onda.
Per quanto detto è chiaro che la tipologia strutturale di una nave non sarà mai solo di tipo *trasversale* o *longitudinale,* ma saranno presenti entrambi i telai. A seconda del tipo di sollecitazioni prevalenti avremo una maggiore o minore presenza di telai trasversali o longitudinali. In particolare si possono riscontrare tre tipologie strutturali:

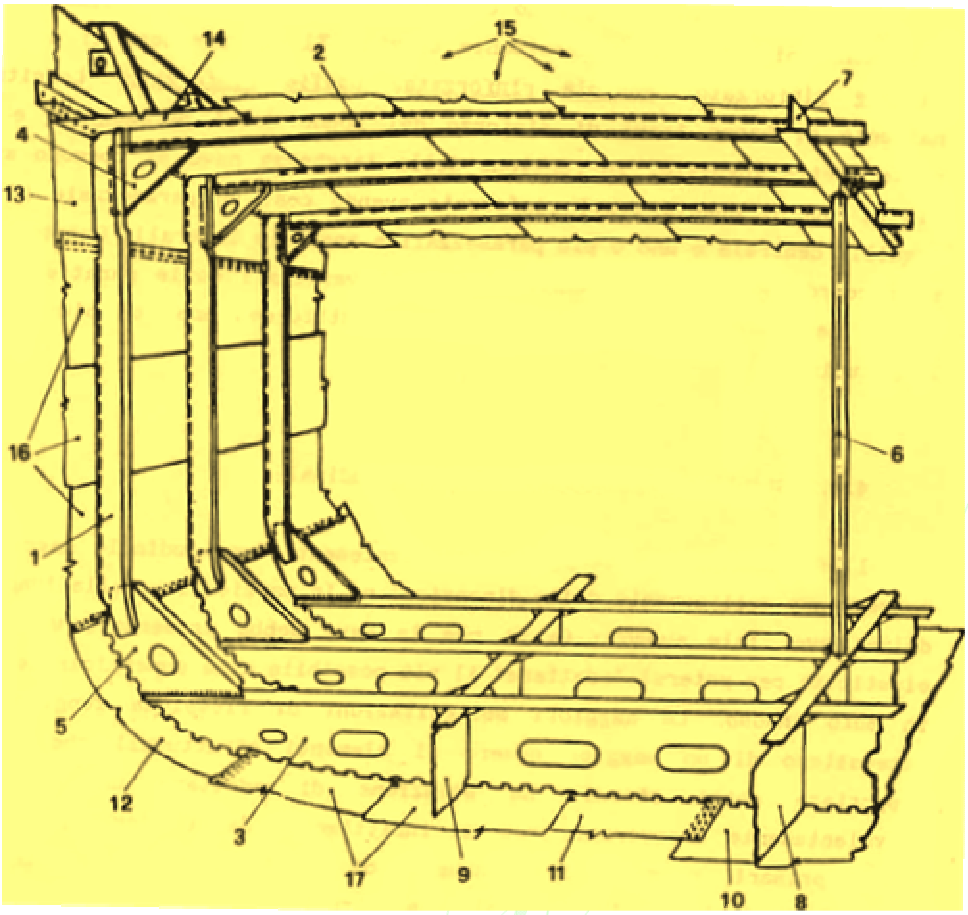
- struttura "prevalentemente" *trasversale;*
- struttura "prevalentemente" *longitudinale;*
- struttura "*mista".*

Struttura trasversale

Tale struttura si adotta su navi di ridotte dimensioni che non presentano elevate sollecitazioni longitudinali, ma principalmente problemi di robustezza trasversale e locale.
La struttura dello scafo è costituita da un insieme di telai trasversali costituiti da:

- *madiere:* lamiera o profilato a **T** di rinforzo del fondo;
- *costola:* profilato a bulbo o ad **L** di rinforzo del fianco;
- *baglio:* profilato a bulbo o ad **L** di sostegno dei dei ponti.

Tali telai sono posti ad opportuna distanza tra loro, detta *intervallo di ossatura;* ogni 3 ÷ 5 intervalli di ossatura viene inserita una ossatura rinforzata costituita da travi primarie. In senso longitudinale vi sono solo travi principali a costituire telai rinforzati per conferire alla nave la necessaria robustezza alla flessione.
I vari elementi sono opportunamente collegati fra loro mediante squadre o strutture di raccordo. Le ossature rinforzate sono caratterizzate dagli stessi elementi, ma di dimensioni maggiori (generalmente travi a T) che prendono il nome di: *madiere rinforzato, costola rinforzata, baglio rinforzato.*
Longitudinalmente si hanno: travi di rinforzo del fondo detti *paramezzali,* del ponte dette *anguille.*
In funzione della larghezza nave si possono avere più di una di queste travi rinforzate avendo così un paramezzale ed una anguilla centrale e uno o più paramezzali e anguille laterali. Queste travi si raccordano con gli elementi rinforzati verticali delle paratie stagne della nave, *montanti* rinforzati, a costituire uno o più *anelli* longitudinali.
Riepilogando, negli scafi a struttura trasversale si hanno: 1) il doppio fondo a struttura cellulare esteso nella parte orizzontale più bassa della nave, fino ai ginocchi, formato dal fasciame esterno (chiglia, torelli, ecc.), dal fasciame interno e dalle lamiere 'marginali' laterali. Il doppio fondo è sostenuto da elementi trasversali, pieni o a traliccio, continui, collegati da leggeri paramezzali intercostali, ed è diviso in un certo numero di cellule, a tenuta d'acqua mediante madieri stagni e il paramezzale stagno centrale; 2) le murate, costituite dal fasciame esterno (cinta, sottocinta, ecc.) e dalle ossature trasversali, di vario tipo (oggi correntemente grossi trafilati semplici); 3) i ponti costituiti da *bagli* trasversali, solidamente collegati con le ossature delle murate (braccioli o squadre), e generalmente coperti con fasciame metallico (ponti elevati) o con legno. In questi scafi a *struttura trasversale* il legamento longitudinale essenziale è formato dal fasciame e le paratie costituiscono rinforzo utile, ma generalmente non fondamentale, della struttura.



SEZIONE MAESTRA DI UNA NAVE A FONDO SEMPLICE A STRUTTURA TRASVERSALE
1 – costola; 2 – baglio; 3 – madiere; 4 – squadra di collegamento o bracciolo; 5 – squadra esterno-marginale; 6 – puntello; 7 – anguilla; 8 – paramezzale centrale; 9 – paramezzale laterale; 10 – chiglia; 11 – torello; 12 – ginocchio; 13 – cinta; 14 – trincarino; 15 – fasciame del ponte; 16 – fasciame del fianco; 17 – fasciame del fondo.

Struttura longitudinale

L'esigenza di una struttura prevalentemente longitudinale nasce come conseguenza dell'aumento delle dimensioni ed in particolare della lunghezza della nave. Le maggiori sollecitazioni di flessione longitudinale necessitano di un maggior numero di elementi strutturali che possano sopportare detti sforzi.

L'esigenza di una struttura prevalentemente longitudinale nasce come conseguenza dell'aumento delle dimensioni ed in particolare della lunghezza della nave. Le maggiori sollecitazioni di flessione longitudinale necessitano di un maggior numero di elementi strutturali che possano sopportare detti sforzi.

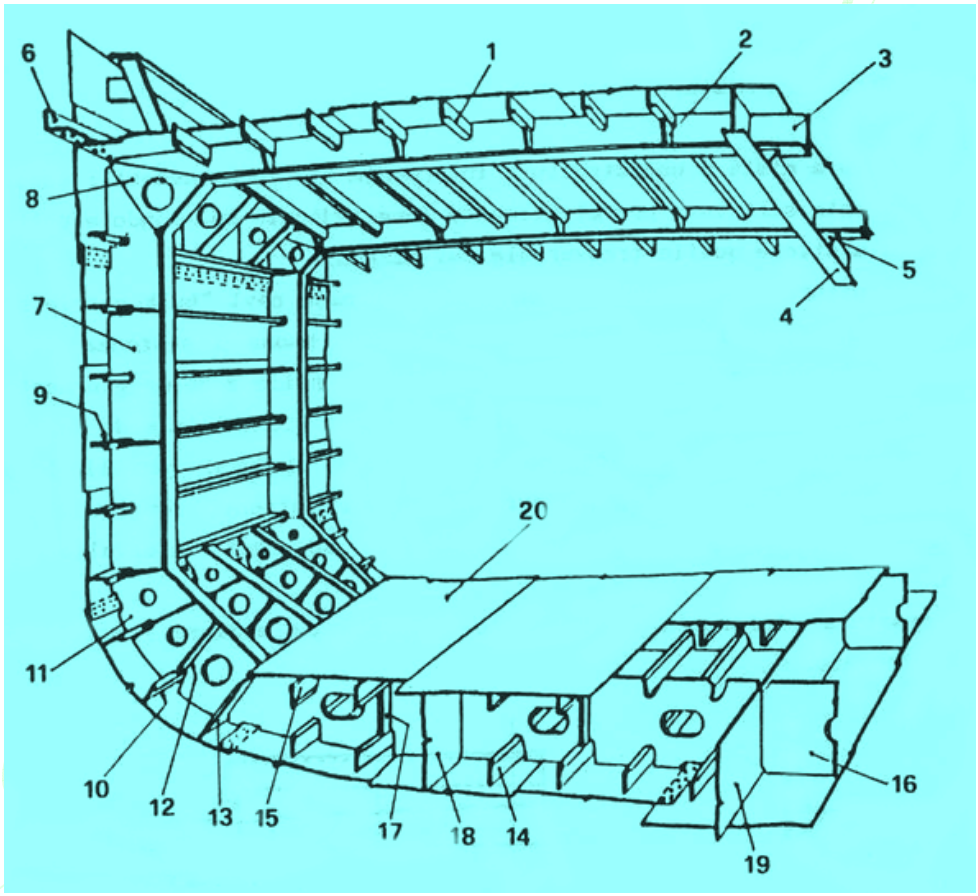
La soluzione di adottare una struttura prevalentemente trasversale con un infittimento degli elementi longitudinali primari, presenta lo svantaggio di risultare molto pesante e di fatto inaccettabile. Nasce così una struttura con rinforzi ordinari longitudinali e solo ossature rinforzate.

La struttura ha come travi secondarie dei profilati posti longitudinalmente:

- *correnti del fondo;*
- *correnti del cielo del doppio fondo* (se presente);
- *correnti del fianco;*
- *correnti del ponte.*

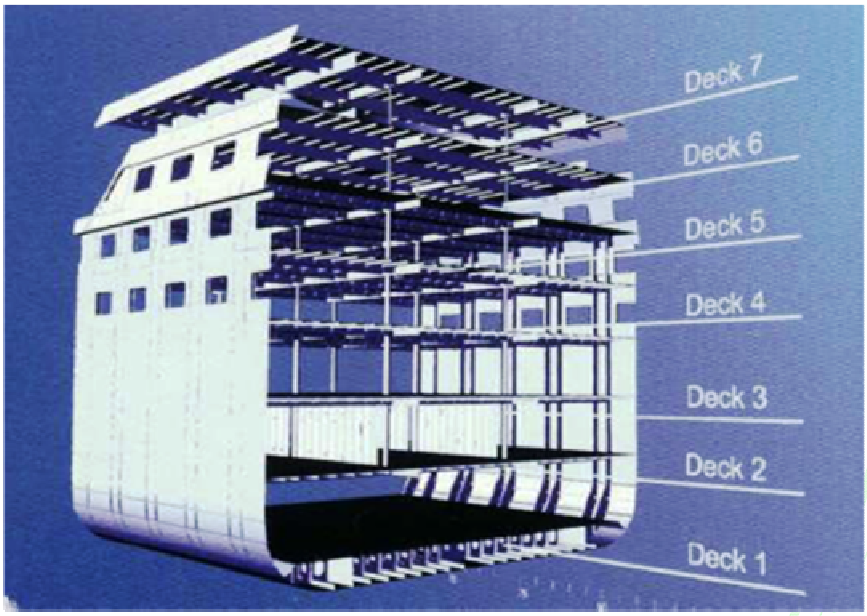
Sempre in senso longitudinale si hanno un paramezzale ed una anguilla centrale ed uno o più paramezzali e anguille laterali come travi rinforzate. Trasversalmente, ogni 4÷5 intervalli di ossatura sono sistemate le ossature rinforzate costituite da elementi rinforzati.
Oggi la maggior parte delle navi è realizzata con questo tipo di struttura, fermo restando l'adozione della struttura trasversale in quelle zone della nave dove maggiori sono i carichi trasversali e concentrati (*gavone di prua, gavone di poppa*, locali destinati all'Apparato Motore).

Riepilogando, negli scafi a struttura longitudinale, che sono largamente adottati per le *navi cisterna,* destinate al trasporto del prodotto combustibile, e nelle *navi militari,* si hanno: 1) il fasciame esterno, rinforzato da numerosi *correnti longitudinali* (disposti a distanza circa cinquanta volte lo spessore del fasciame); 2) il *fasciame dei ponti,* sostenuto alla stessa maniera; 3) robuste *ossature trasversali* e corrispondenti *bagli rinforzati,* che sostengono i *correnti* del fasciame esterno e dei ponti, il cui numero e posizione sono funzione dell'intervallo intercostale adottato per i telai trasversali; 4) numerose *paratie trasversali* che hanno la doppia funzione di elemento fondamentale di robustezza per l'insieme dell'ossatura della nave e di sostegno per i correnti e i fasciami.



SEZIONE MAESTRA DI UNA NAVE A STRUTTURA LONGITUDINALE CON DOPPIO FONDO

1 – Corrente del ponte; 2 – squadretta di collegamento del corrente con il baglio rinforzato; 3 – baglio rinforzato; 4 – anguilla; 5 – squadretta di collegamento del baglio rinforzato con l'anguilla; 6 – angolare del trincarino; 7 – costola rinforzata; 8 – squadra di collegamento della costola rinforzata con il baglio rinforzato; 9 – corrente di murata; 10 – corrente del ginocchio; 11 – squadra esterna marginale (collega la costola rinforzata con la lamiera del doppio fondo); 12 – barrotto di irrigidimento della squadra esterna marginale; 13 – lamiera esterna marginale; 14 – corrente del fondo; 15 – corrente del cielo del doppio fondo; 16 – madiere piano; 17 – barrotto di irrigidimento del madiere e di collegamento dei correnti con il madiere stesso; 18 – paramezzale laterale; 19 – paramezzale centrale; 20 – fasciame del cielo del doppio fondo.



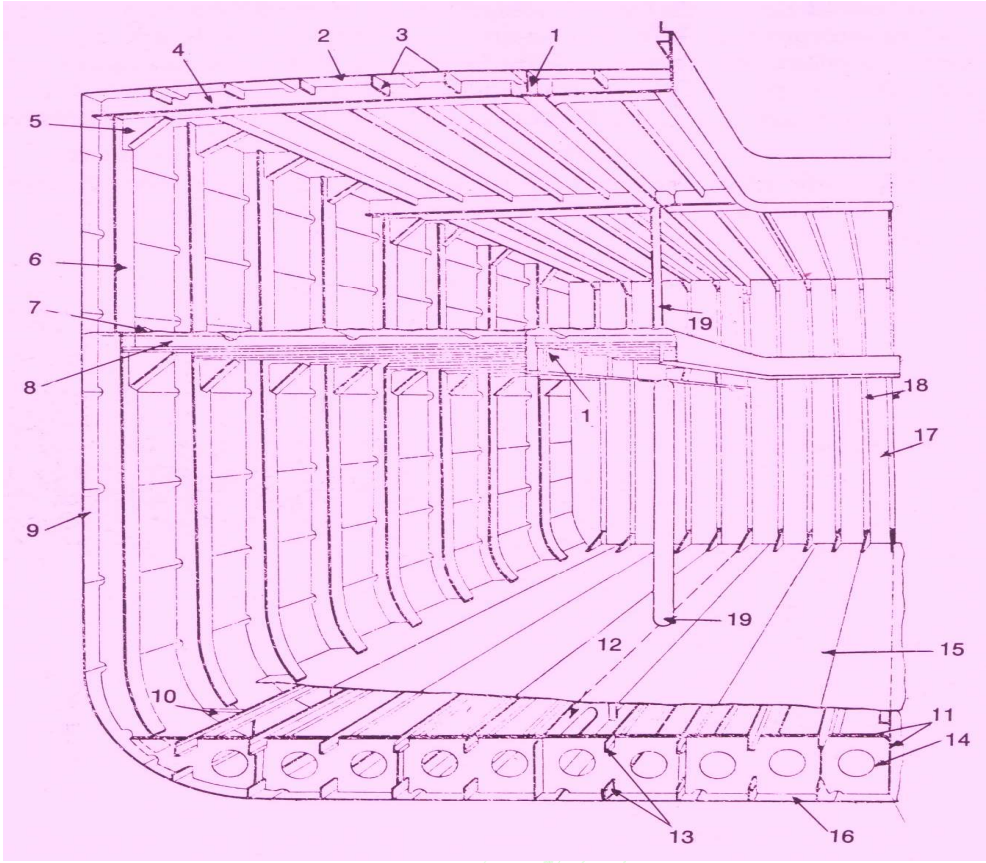
I ponti inferiori e superiori sono dei ponti più o meno estesi, comunque compresi entro la superficie esterna, rispettivamente al di sotto e al di sopra del ponte principale.

Royal Caribbean "RADIANCE OF THE SEAS" – Blocchi strutturali

Struttura mista

Tale struttura è nata con l'avvento delle grosse navi "bulk carriers" ed offre il vantaggio di avere una buona resistenza alla flessione per la presenza di elementi longitudinali nelle zone maggiormente sollecitate della nave, ma l'adozione di costole sui fianchi in modo da non intralciare lo stivaggio del carico solido alla rinfusa, per il loro limitato ingombro trasversale.

Negli scafi a *struttura mista* (che è quella più correntemente adottata per le navi militari, e le navi mercantili aventi un dislocamento superiore alle *10000 t* $_{Portata\text{-}lorda}$, ma che oggi si estende a qualsiasi nave qualunque sia il suo dislocamento) in genere si costruiscono a struttura longitudinale i *fondi* e i *ponti,* gli elementi che più contribuiscono alla *resistenza longitudinale,* e a *struttura trasversale* le *murate*, perché in tal modo si ha la migliore utilizzazione del materiale ai fini della robustezza generale della trave scafo, salvo adeguati provvedimenti per la robustezza locale. Sono state costruite navi aventi *struttura trasversale* nel *corpo centrale* dello scafo e *struttura longitudinale* alle *estremità,* e viceversa (come nelle navi di grande dislocamento e nelle navi cisterna). Combinando opportunamente l'uso dei due tipi di strutture si può ridurre il peso dello scafo ottenendo in tal modo un guadagno nel termine *dislocamento leggero (ligth ship*) a tutto vantaggio della *portata* utile.



STRUTTURA MISTA – OSSATURE DI UNA NAVE DA CARICO A DUE PONTI
1 – anguilla; 2 – fasciame del ponte superiore; 3 – correnti del sottoponte; 4 – mezzo baglio; 5 – squadra di collegamento e rinforzo; 6 – costola; 7 – fasciame del secondo ponte; 8 – mezzo baglio del secondo ponte; 9 – fasciame del fianco; 10 – squadra di collegamento e rinforzo; 11 – paramezzale centrale; 12 – paramezzale laterale; 13 – correnti del fondo e del cielo del doppio fondo; 14 – madiere; 15 – cielo del doppio fondo; 16 – fasciame del fondo; 17 – paratia trasversale; 19 – puntello.

La struttura del fondo

Il fondo è uno degli elementi strutturali principali della nave in quanto si trova, come il ponte, alla maggiore distanza dalla mezzeria della sezione considerata e sopporta le massime sollecitazioni.
Tale struttura può essere:

- *a fondo semplice;*
- *a doppio fondo;*

a seconda delle dimensioni della nave e del carico trasportato.
Il *fondo semplice* si adotta su navi di piccole dimensioni, su *gasiere* ed in genere su tutte le navi in cui il tipo di carico non richiede stive di particolare forma.
Il *doppio fondo,* ormai largamente usato, si adotta qualora la movimentazione del carico richieda una stiva con fondo completamente piano; è il caso delle *navi portarinfuse,* delle *portacontenitori,* dei traghetti ecc.. Il doppio fondo inoltre consente di poter disporre di ampie casse e cisterne, dette *"strutturali",* per il contenimento di carichi liquidi (combustibile, acqua, olio, zavorra).
Per le navi militari costituisce, inoltre, un importante elemento di difesa passiva contro le esplosioni subacquee, falle ed incagli.
Il doppio fondo, oltre ai pregi già accennati, costituisce una struttura *"scatolare",* caratterizzata da una elevata resistenza sia alle sollecitazioni verticali dovute al carico che a quelle longitudinali. Il cielo del doppio fondo, infatti, costituisce un notevole apporto di materiale resistente posto ad elevata distanza dal centro nave.

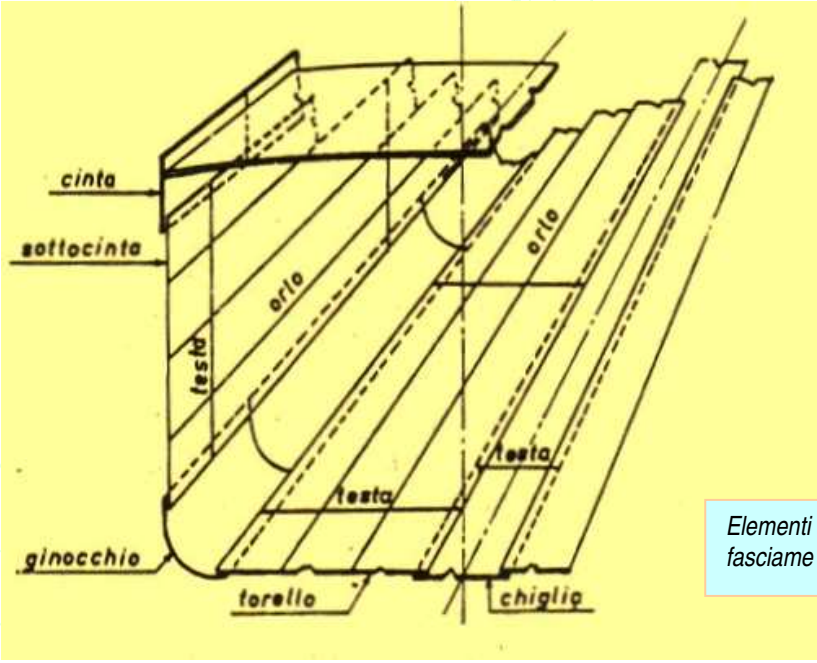
La struttura del fianco

I fianchi, oltre a partecipare attivamente alla robustezza longitudinale della nave, devono sopportare il carico *idrostatico* e gli sforzi dovuti al *carico* imbarcato. Per navi di piccole dimensioni generalmente si adottano *rinforzi del fianco* di tipo trasversale, mentre per le grosse *navi cisterna* o per le navi *portacontenitori,* caratterizzate da un doppio fianco, quelli longitudinali. Il fasciame del fianco è costituito da più *corsi di lamiera* saldata.

Strutture di rinforzo e di sostegno dei ponti

Il ponte è l'elemento strutturale che sopporta le massime *tensioni di trazione* e di *compressione* in quanto situato generalmente alla massima distanza dal centro della sezione considerata.
Qualora sul ponte siano praticate aperture di piccole o grandi dimensioni come *boccaporte,* particolare cura deve essere posta nello studio della tipologia dei rinforzi, dei collegamenti e dei raccordi.
Uno dei particolari da realizzare con miglior cura è il collegamento *cinta-trincarino;* in tale zona di unione fra lamiere del ponte e del fianco si hanno infatti le massime tensioni di trazione/compressione e i massimi sforzi.

ELEMENTI COSTRUTTIVI DELLA NAVE

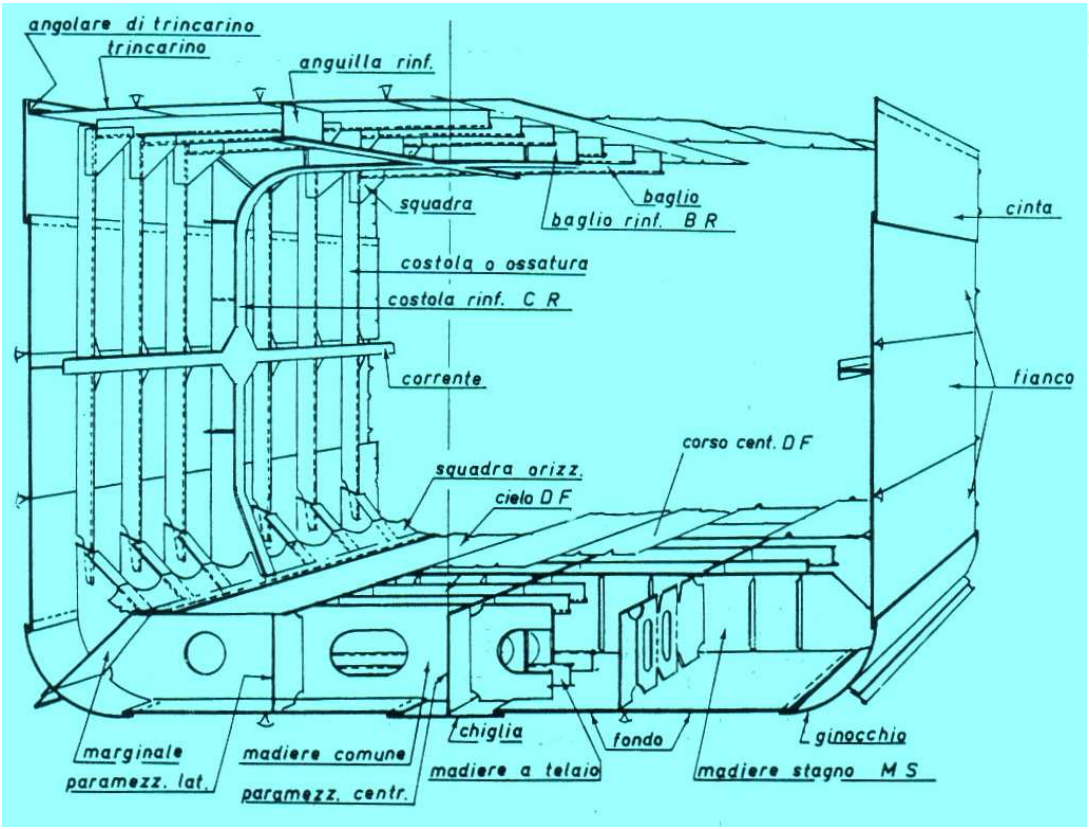


Elementi costruttivi della nave: fasciame esterno.

*Partendo dalla mezzeria del fondo della nave fino al ponte, avremo: lamiera di **chiglia**; 1° corso di lamiera adiacente alla chiglia, detto **torello**; 2° corso, detto **controtorello**; corsi di fasciame del fondo (3°- 4°- 5° ecc. corso del fondo); lamiera/e del **ginocchio**; 1°- 2°- 3° ecc. corso del fianco; penultimo corso del fianco, detto **sottocinta**; ultimo corso di lamiera del fianco, detto **cinta**; 1°- 2°- 3° ecc. corso del ponte, dalla mezzeria nave; ultimo corso di lamiera del ponte saldato o chiodato alla cinta, detto **trincarino**.*

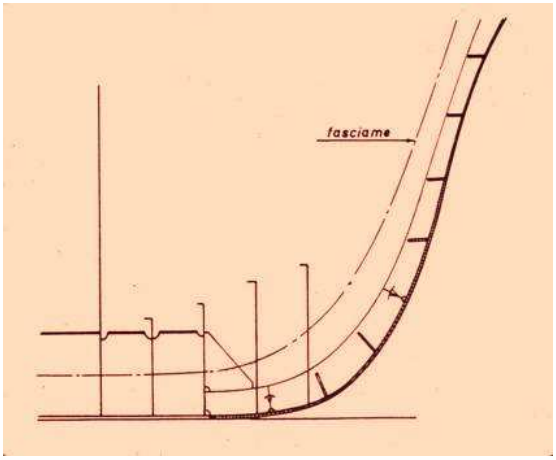
Fasciame esterno

È l'insieme delle lamiere che costituiscono l'involucro esterno stagno dello scafo. È realizzato saldando lamiere preventivamente tagliate e sagomate, l'una accanto all'altra, a costituire *corsi* disposti longitudinalmente, salvo che a prora: i lati contigui delle lamiere di uno stesso corso si chiamano *teste,* quelli in contatto con i corsi adiacenti si chiamano *orli.*
Il corso inferiore che si trova a cavallo del *piano di simmetria* si chiama *chiglia;* i due corsi a essa adiacenti si chiamano *torelli;* il corso più alto della murata è la *cinta,* quello sottostante è la *sottocinta;* il corso che si trova nel punto di massima curvatura e che separa il fondo dai fianchi si chiama *ginocchio.*



Sezione maestra di una nave a struttura trasversale

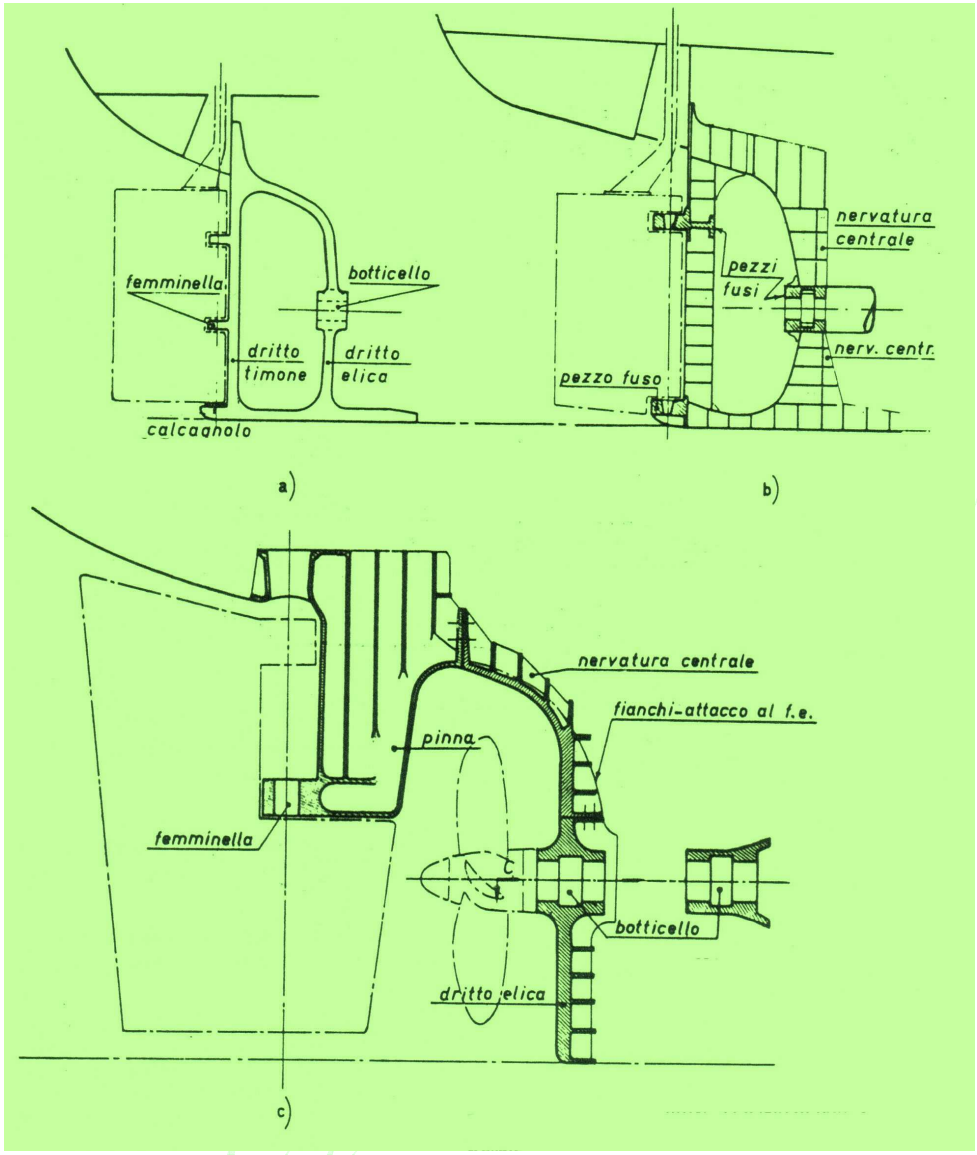
Nella parte inferiore dello scafo si ha un secondo fasciame, pure a tenuta d'acqua, ad una certa distanza dal fasciame esterno in modo da realizzare un'intercapedine stagna che può essere utilizzata per il contenimento di liquidi e suddivisa in compartimenti; con *doppio fondo* si definisce tale intercapedine; il fasciame interno sopra descritto è detto *cielo del doppio fondo* e i suoi due corsi laterali, inclinati od orizzontali, che si collegano al fasciame esterno sono detti *marginali;* la struttura interna del doppio fondo è costituita da lamiere verticali longitudinali e trasversali dette rispettivamente *paramezzali* e *madieri.*
Il fondo e il cielo del doppio fondo possono essere irrigiditi da profilati longitudinali detti *barrotti* o *correnti,* secondo che si interrompano o meno in corrispondenza dei madieri.
I fianchi della nave sono irrigiditi da *profilati* posti in corrispondenza dei *madieri* detti *costole* od *ossature.* Il corso della chiglia, all'*estremità prodiera* si alza e si incurva costituendo lo spigolo di unione delle murate. Il suo nome è *ruota di prora* ed è irrobustito da diaframmi in lamiera detti *gole.*



Corso di chiglia alla estremità prodiera e ruota di prora.

Nella *parte poppiera* della carena si trovano l'*elica* e il *timone;* nelle navi ad un'elica si ha generalmente il *telaio di poppa* formato da un *dritto di poppa* (o *del timone)* o *dritto dell'elica,* attraversato dal *botticello* entro cui passa l'*albero portaelica.* Il telaio è generalmente chiuso inferiormente da un braccio e posteriormente dal *dritto del timone.* Inferiormente, oltre il dritto del timone, è previsto un alloggiamento per il cuscinetto inferiore del timone, detto *calcagnolo.*
Il telaio può essere aperto inferiormente; può anche mancare un vero e proprio dritto del timone; nelle navi a due eliche si ha solo questo ultimo.

Ossature della prora

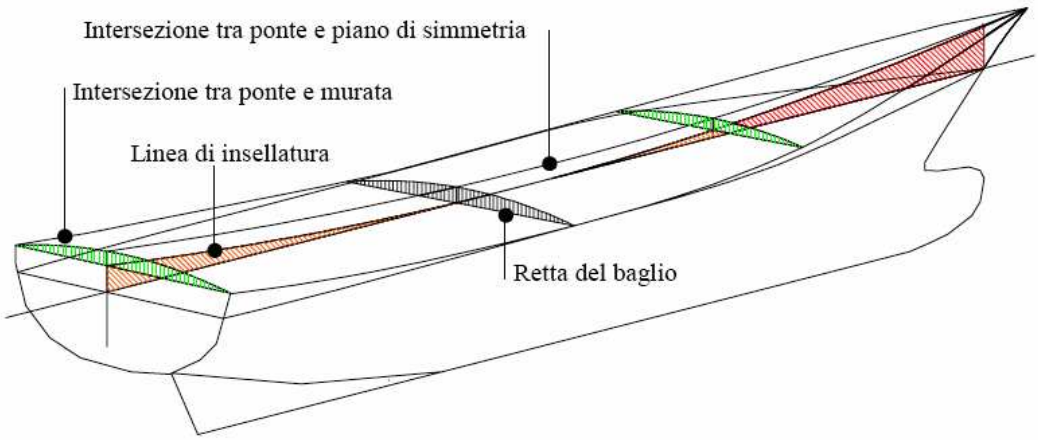


Elementi costruttivi del telaio di poppa: a) vista esterna di un telaio chiuso; b) sezione di un telaio composto elettrosaldato chiuso, c) sezione di un telaio aperto a pinna fuso.

SUDDIVISIONE INTERNA DELLO SCAFO

Lo scafo è delimitato superiormente da una piattaforma, pressoché orizzontale, detta *ponte di coperta* e munita di una *curvatura longitudinale* con la concavità rivolata verso l'alto detta *insellatura* o *cavallino* e una curvatura trasversale con la concavità rivolta verso il basso detta *bolzone.*
Anche il fasciame dei ponti è generalmente formato da corsi di lamiera longitudinali. Il corso che si trova a murata si chiama *trincarino* ed è collegato alla *cinta* o mediante un *angolare,* detto *angolare del trincarino*, o mediante un *piatto,* al quale è saldato, e che è a sua volta chiodato alla *cinta.* Il collegamento tra *cinta* e *trincarino* può essere fatto con un corso di lamiere curvate saldato sia alla *cinta,* sia al *trincarino.*
Nelle *navi passeggeri* il ponte è generalmente controfasciato in legno.
Il fasciame dei ponti è sostenuto da profilati, detti *bagli,* che sono generalmente collegati alle ossature da squadre metalliche dette *braccioli di testa delle ossature.*

Se la campata del baglio è eccessiva, essa è interrotta da travi longitudinali dette *anguille,* che si appoggiano a *montanti rinforzati* in corrispondenza delle *paratie* e a *puntelli* tra una paratia e l'altra. Quando il *baglio* si interrompe in corrispondenza di una apertura prende il nome *mezzo baglio.*
Le aperture dei ponti sono generalmente contornate da una lamiera verticale detta *mastra,* che deve estendersi al di sopra del fasciame dei ponti esposti.
Boccaporte sono dette le grandi aperture per l'imbarco e lo sbarco del carico; sono generalmente munite di chiusure metalliche scorrevoli. *Boccaportelli* sono le piccole aperture, munite di *mastra* e *portelli* metallici incernierati, per l'accesso ai locali di servizio; tale accesso può anche essere protetto, su una parete esposta, mediante un *casotto*, munito di porta stagna e battente, detto *tambucio.*
Le aperture sovrastanti i *locali macchine* e *caldaie* attraversano di solito più ponti *superiori* fino ad un ponte esposto, sul quale si trova una copertura munita di portelli chiamata *osteriggio.* Gli *interponti,* che circondano tali aperture, sono separati dal locale macchine e caldaie da pareti che circondano le aperture e che costituiscono, assieme alla parte sporgente, il cofano di macchina.



Lo spazio interno dello scafo può essere suddiviso orizzontalmente da altri ponti che si distinguono:

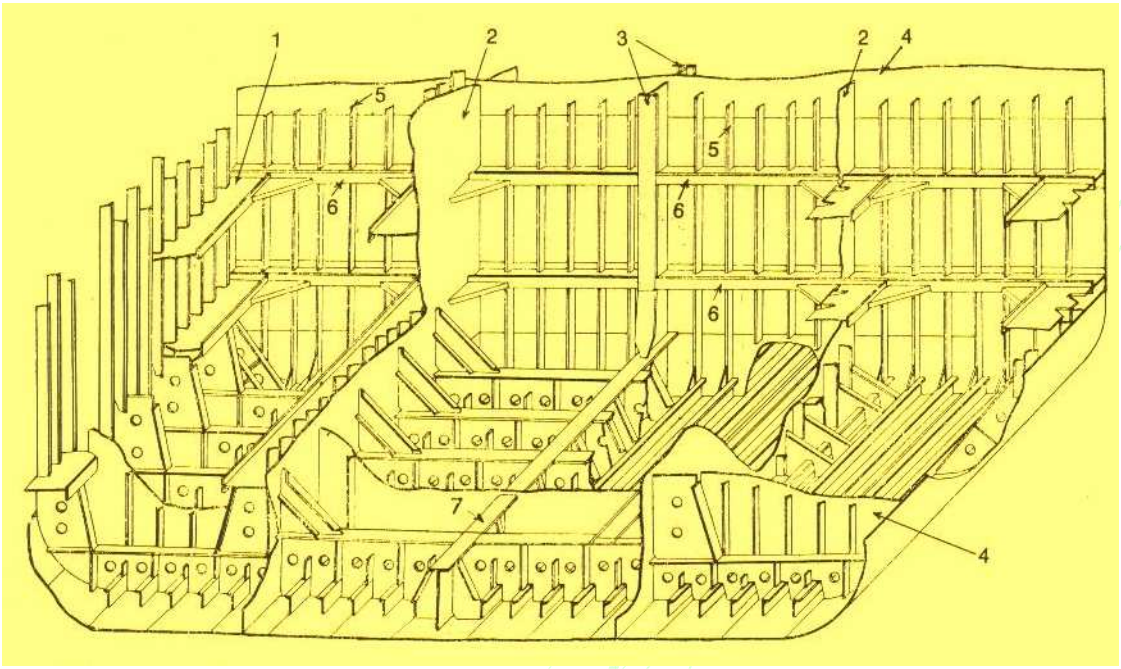
- *Ponte principale - ponte di Bordo Libero,* che è il più alto ponte completo, con aperture munite di mezzi di chiusura permanenti, e che si estende da prora a poppa. Delimita superiormente le paratie stagne ed è detto anche *ponte delle paratie;*
- *ponte di coperta,* che è il più alto ponte continuo, esteso da poppa a prora, non stagno.

I ponti sottostanti al *ponte di Bordo Libero* sono detti *ponti inferiori* e sono numerati procedendo verso il basso fino al *ponte di stiva,* che delimita superiormente le *stive,* cioè lo spazio destinato a contenere il carico. La porzione di scafo compresa tra due ponti si chiama *interponte.*
I *ponti di sovrastruttura* prendono il nome dalle sovrastrutture che essi ricoprono e sono numerati verso l'alto.

Paratie stagne

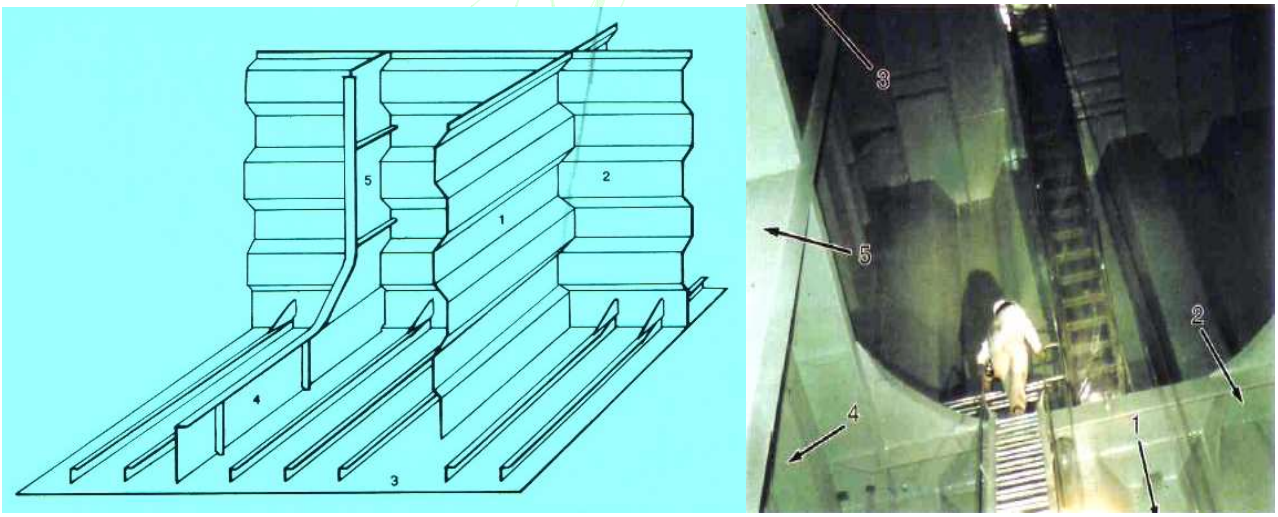
Come è noto, per motivi di *galleggiabilità, stabilità* e *sicurezza* la nave è dotata di un certo numero di paratie stagne trasversali. Si tenga presente che lo *spessore* del fasciame e la dimensione dei rinforzi è decrescente verso il ponte superiore, in quanto il carico che deve sopportare la paratia è di tipo idrostatico.
Pertanto, lo scafo deve essere suddiviso, nel senso della lunghezza, in più *compartimenti* per mezzo di *paratie stagne trasversali* estese dal cielo del doppio fondo, se esiste, fino al *ponte di bordo libero.*

Le paratie sono generalmente costituite da corsi orizzontali e da nervature verticali dette *montanti,* la cui campata può essere ridotta da travi orizzontali dette *traverse*. Invece di avere montanti e traverse, le paratie possono essere realizzate con *lamiere ondulate,* con ondulazioni sia orizzontali, sia verticali. Le navi cisterna sono generalmente fornite anche di *paratie stagne longitudinali.*



Ossature delle paratie

1) corrente del fianco; 2) paratia longitudinale; 3) montante centrale (rinforzato e installato su entrambi i lati della paratia; 4) paratia trasversale; 5) montante; 6) traversa; 7) paramezzale centrale.



Paratie corrugate

1) paratia longitudinale; 2) paratia trasversale; 3) fasciame del fondo; 4) paramezzale laterale; 5) montante rinforzato

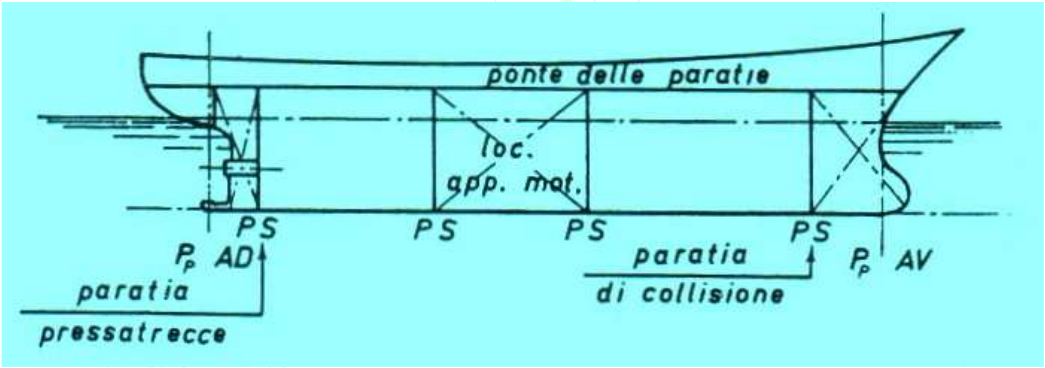
In una nave sono sempre presenti:

- la *paratia di collisione,* che definisce a proravia il *gavone di prora;*
- la *paratia del pressatrecce,* situata in corrispondenza dell'estremità prodiera dell'*astuccio* dell'asse dell'elica;

- una *coppia di paratie,* che definiscono il *locale apparato motore,* una delle quali può coincidere con la *paratia del pressatrecce* (quando l'apparato motore è situato a poppa);
- un certo numero di paratie a prora e a poppa dell'apparato motore, il cui numero dipende dalla *lunghezza della nave* per le *navi da carico* e per le *navi cisterna,* dalle esigenze di *stabilità* e *galleggiabilità* per le *navi passeggeri* e per altre navi particolari.

LUNGHEZZA NAVE		*Numero totale delle paratie stagne*	
		Nave con macchina al centro	Nave con macchina a poppa
da metri	A meno di m.		
---	085	4	3
085	105	5	4
105	115	6	5
115	145	7	6
145	185	8	7
165	185	9	8
185	205	10	9
205	225	11	10
oltre 225	---	da stabilire	da stabilire

Dal Regolamento del R.I.Na.



Esempio di paratie stagne trasversali di uno scafo

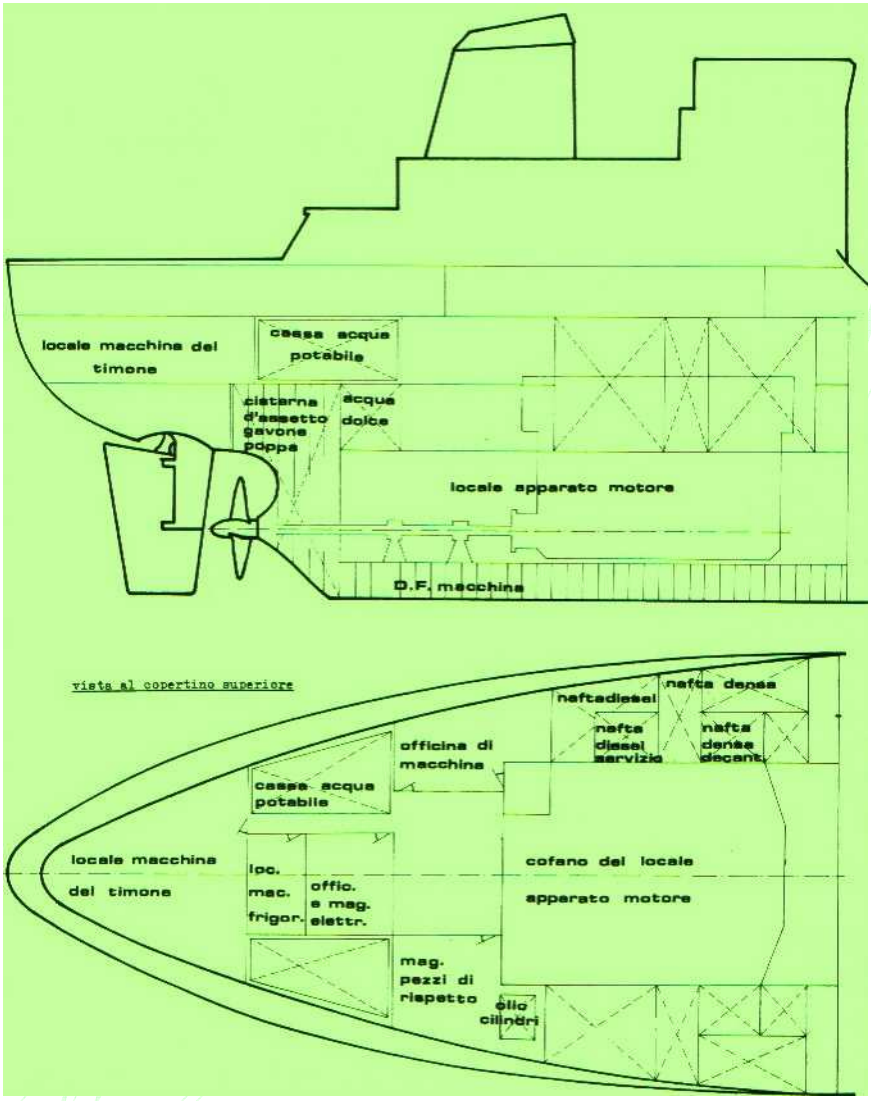
In tutte le navi devono essere sistemate: una paratia stagna di collisione a non meno di 0,05 L dalla perpendicolare avanti e in genere a non più di 0,05 L + 3 (m) dalla perpendicolare stessa; una paratia stagna a poppa, a conveniente distanza dalla perpendicolare addietro; due paratie delimitanti il locale Apparato Motore, nelle navi aventi macchine al centro; una paratia a proravia del locale A.M. nelle navi con macchine a poppa. Oltre alle paratie descritte, devono essere sistemate altre paratie di compartimentazione in numero sufficiente perché il numero totale risulti non inferiore a quello indicato nella tabella di cui sopra.

Le strutture della poppa

Così come la prua, la poppa è costituita da una struttura particolarmente rinforzata di tipo trasversale; essa infatti supporta le strutture di sostegno del timone e dell'elica, è soggetta alle vibrazioni create da quest'ultima.

Questa zona della nave è delimitata verso prua da una paratia stagna chiamata *paratia del pressatrecce* e superiormente dal copertino del *locale agghiaccio* su cui viene sistemata la macchina/e del timone; tali paratie insieme al fasciame esterno delimitano il *gavone di poppa.*

La paratia del pressatrecce può coincidere con la paratia poppiera del locale A.M. Il gavone è stagno e adibito a zavorra per l'assetto della nave o per garantire una idonea immersione dell'elica. La struttura è trasversale con *diaframmi rinforzati* ad ogni ossatura.

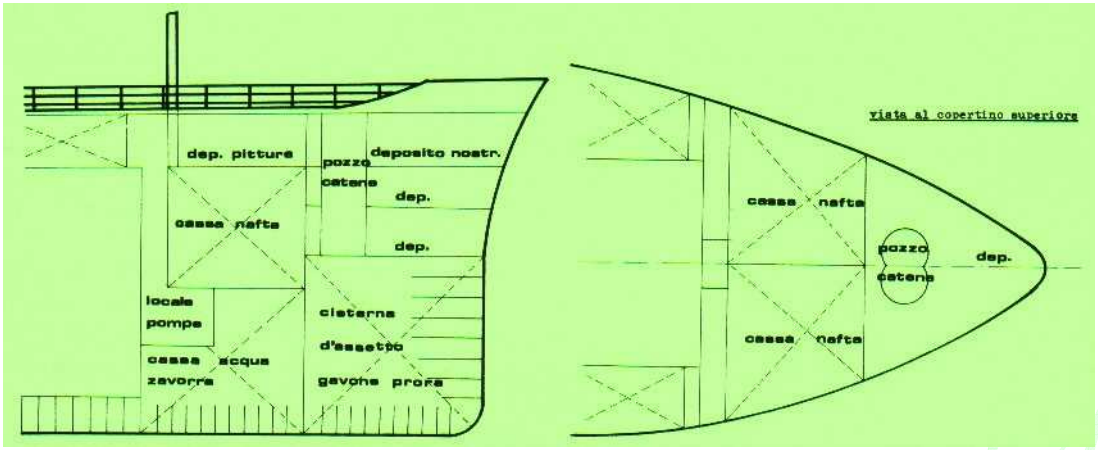


Esempio di suddivisione interna della poppa (nave da carico)

Strutture nel locale A.M.

Il locale A.M. presenta una struttura rinforzata di tipo prevalentemente trasversale. Tali rinforzi, oltre a sopportare gli elevati carichi locali dovuti ai macchinari, devono garantire la massima rigidezza alle sollecitazioni della *trave nave,* limitando il più possibile le deformazioni del fondo. Queste, infatti, potrebbero causare pericolosi disallineamenti, usura eccessiva delle parti in movimento e conseguenti malfunzionamenti. Per tale motivo il fondo del locale A.M. deve costituire una rigida fondazione per le macchine.

La struttura è trasversale a doppio fondo, con madieri pieni ad ogni ossatura. I paramezzali sono in numero maggiore rispetto alle altre zone della nave ed in corrispondenza dei basamenti dei macchinari. Il d.f. è adibito a *casse di servizio* e di riserva per tutti i combustibili, i lubrificanti ed i liquidi necessari ai macchinari sistemati nel locale. Spesso il d.f. è a scalini per consentire una idonea sistemazione e allineamento dei macchinari principali.

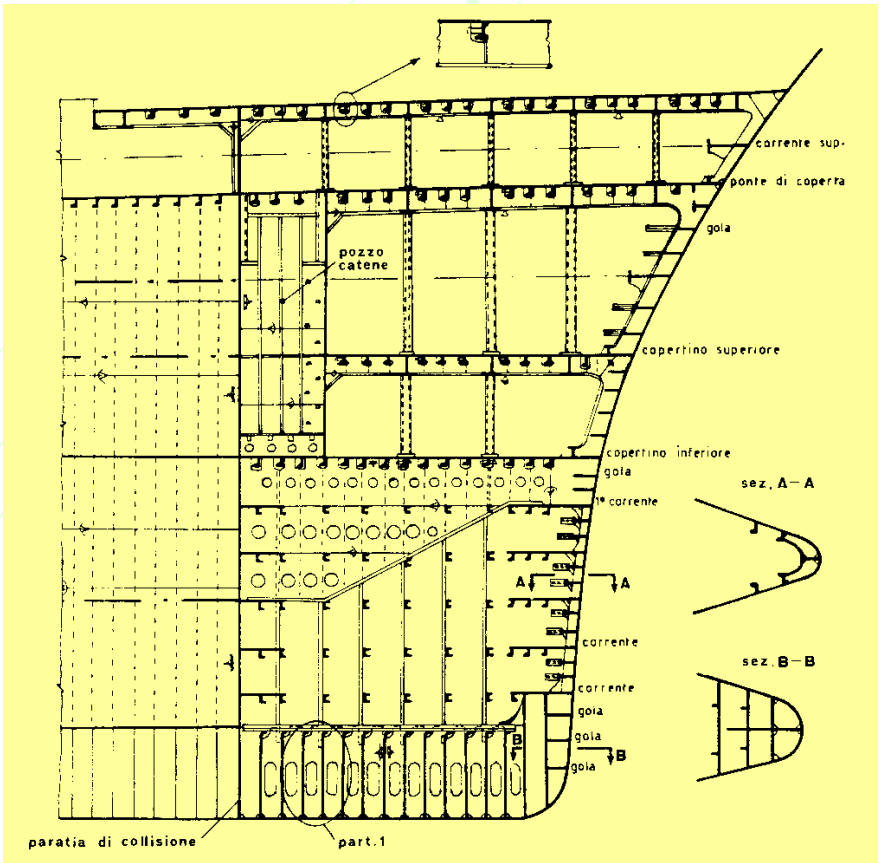


Esempio di suddivisione interna della prora (nave da carico)

Le strutture della prora

La prora costituisce una struttura particolarmente rinforzata della nave essendo soggetta a carichi dinamici ed impulsivi molto elevati. Tale struttura è delimitata da una paratia stagna detta *di collisione* a formare il cosiddetto *gavone di prora.*

La paratia di collisione costituisce una struttura stagna che offre, in caso di urto prodiero, un ostacolo alla formazione di vie d'acqua nelle zone adiacenti della nave; per tale motivo essa è sempre presente e, nel caso di navi mercantili, deve essere posizionata ad una distanza di circa il 5% della *Lunghezza fra le Perpendicolari* dalla *Perpendicolare Avanti.*

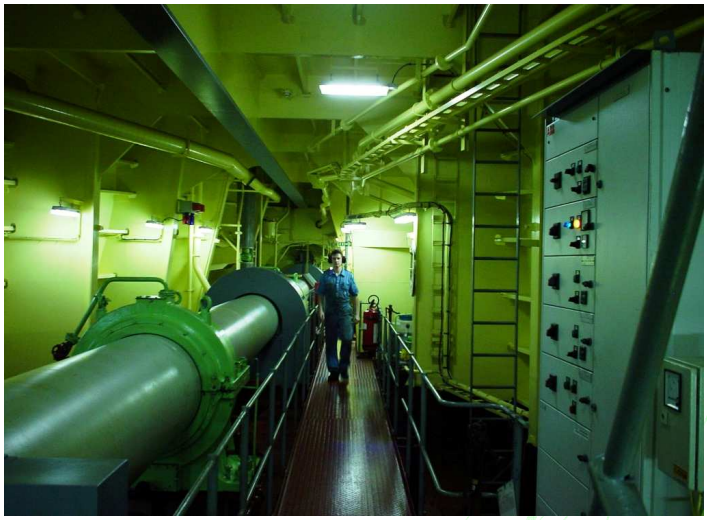


Sovrastrutture

Quando si estendono da murata a murata prendono il nome di *casseri,* altrimenti si chiamano *tughe.* I casseri e le tughe sono delimitati da paratie dette *paratie periferiche delle sovrastrutture.*

Cisterne e depositi

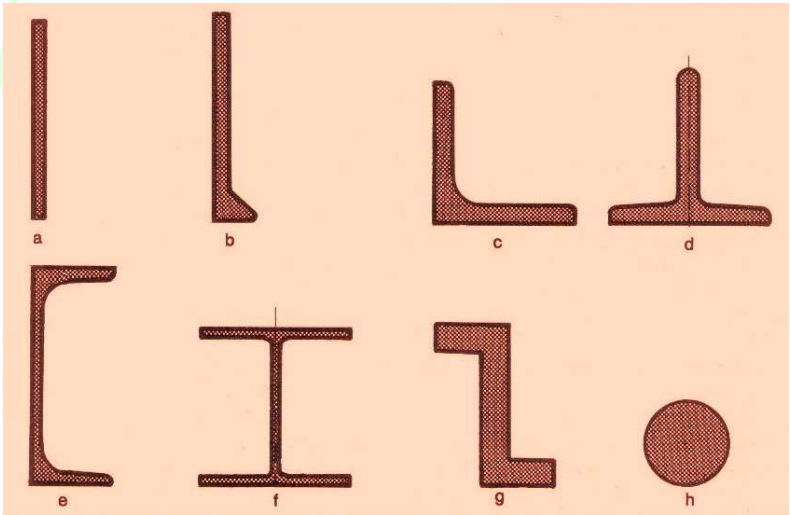
Sono chiamati *depositi* gli spazi destinati a contenere *liquidi di consumo,* mentre *cisterne* quelli destinati a contenere *carichi liquidi.*



Gallerie (tunnel asse-elica "Emma Maersk"
Il passaggio tra uno o più compartimenti è realizzato a mezzo di gallerie stagne. Quando l'apparato motore non è a poppa, una galleria si estende dalla paratia poppiera dell'apparato motore alla galleria del pressatrecce per alloggiare la linea d'assi; a due linee d'assi possono corrispondere un'unica o due gallerie.

MATERIALI PER LA COSTRUZIONE DELLO SCAFO

Lo scafo della nave è costituito essenzialmente da *lamiere* e *profilati* d'acciaio o, particolarmente per le sovrastrutture, di lega leggera. Le lamiere hanno spessore variabile, con differenze di *0.5 mm,* da *4 ÷ 50 mm,* larghezza da *2 ÷3.5 m* e lunghezze fino a *15 m.*
I *profilati,* i *tubi* e i *pezzi massicci* sono usati come ossature e vanno a formare le parti resistenti della nave. I profilati di più largo impiego sono gli angolari (verghe a **L**), gli angolari con bulbo (verghe a **L** con bulbo), i ferri a canale (verghe a **[**), i ferri a **T** e a doppia **T** (**I**), ferri piatti con bulbo simmetrico o asimmetrico.



Sezioni di profilati
a) piatto; b) piatto con bulbo; c) angolare; d) a T; e) a canale; f) a doppia T; g) a Z; h) tondo

L'acciaio da scafo è normalmente un *acciaio dolce,* a basso *tenore di carbonio.* Per la costruzione navale sono ammessi, oltre agli acciai normali, anche acciai ad *elevata resistenza,* il cui maggior costo unitario è quasi sempre compensato dal minor peso del materiale impiegato. Inoltre l'acciaio speciale si rivela indispensabile nella costruzione di navi di grandi e grandissime dimensioni.
Le caratteristiche meccaniche delle *leghe leggere* adottate nella costruzione navale sono specificate dal Regolamento del RINa, il quale fornisce i criteri per applicare alle *strutture di lega leggera* le norme per le *strutture in acciaio.*

Le costruzioni in acciaio hanno *molti vantaggi* rispetto a quelle in legno:

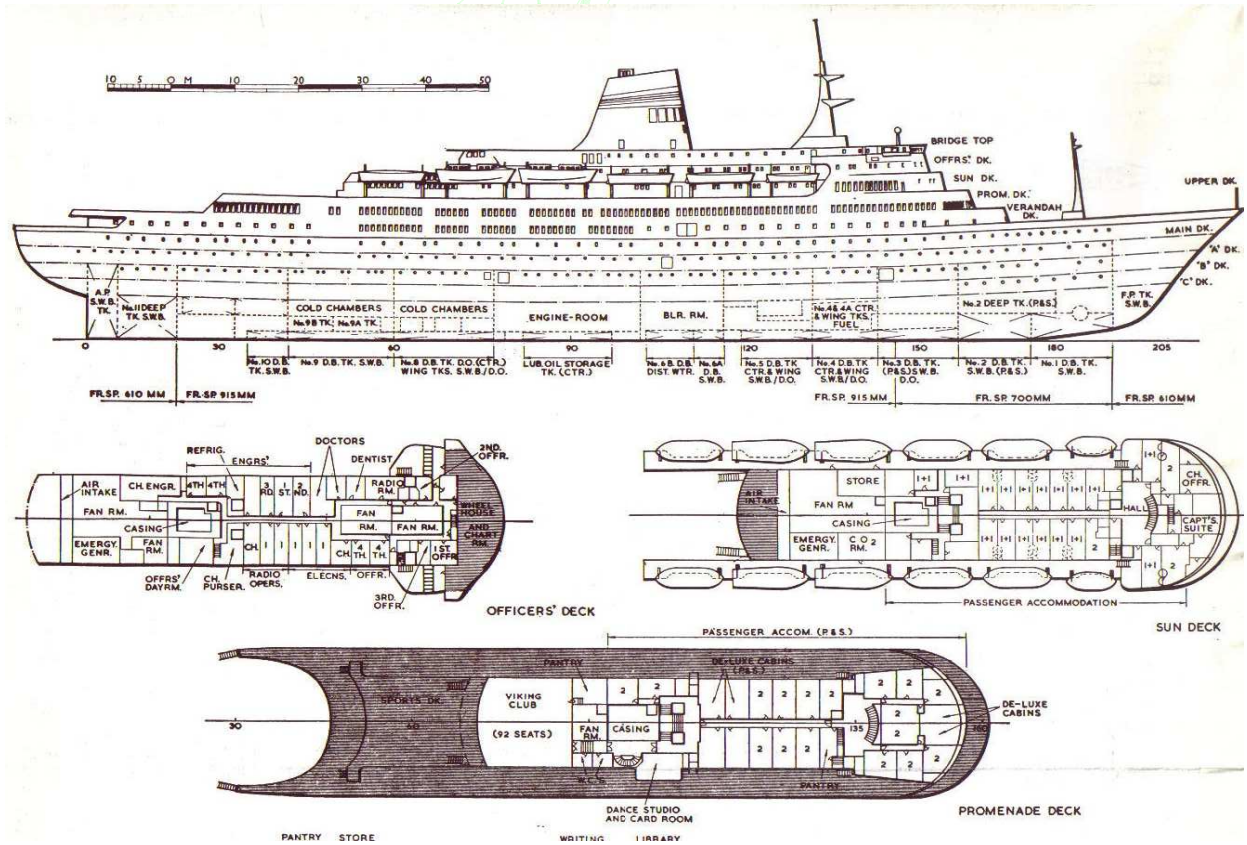
- Minori rischi di incendi e allagamenti
- Maggiore facilità e rapidità di manutenzione e periodo di servizio relativamente lungo (anche più di 40-50 anni)
- Maggiore leggerezza: l'acciaio ha un peso specifico maggiore del legno, ma l'acciaio è molto più resistente e sono necessari profili più sottili
- Maggiore capacità di volume libero disponibile

A fronte di questi vantaggi, ci sono dei piccoli difetti:

- Deviazione delle bussole magnetiche
- Corrosione
- Minore resistenza agli urti e maggiore possibilità di lacerazione dello scafo

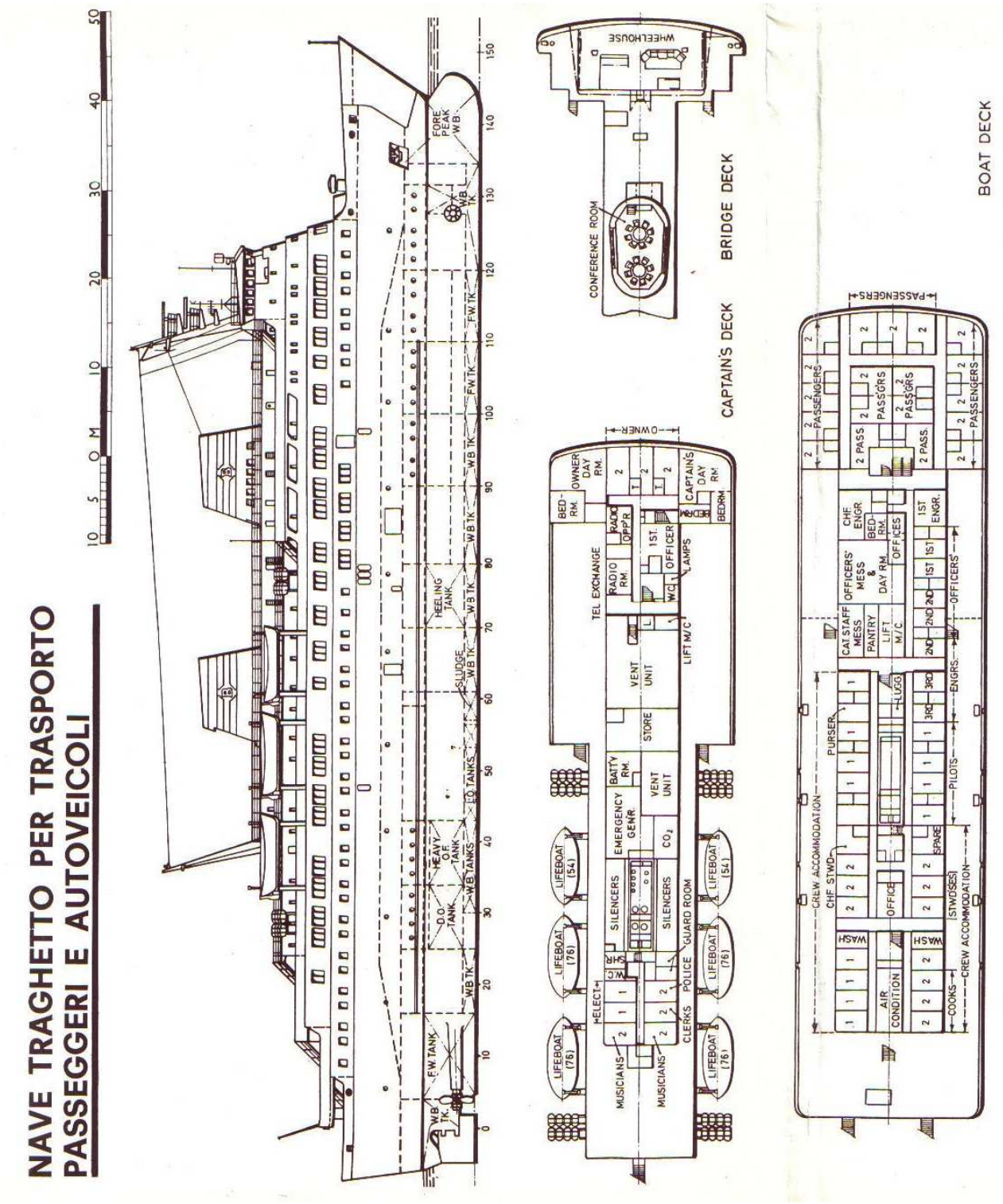
PIANI GENERALI DI NAVI MODERNE

Per piani generali si intendono quei disegni, in particolare dei ponti della nave, dai quali risulta la sistemazione dettagliata sia degli alloggi (dell'equipaggio e degli eventuali passeggeri), sia dei *servizi* della nave.

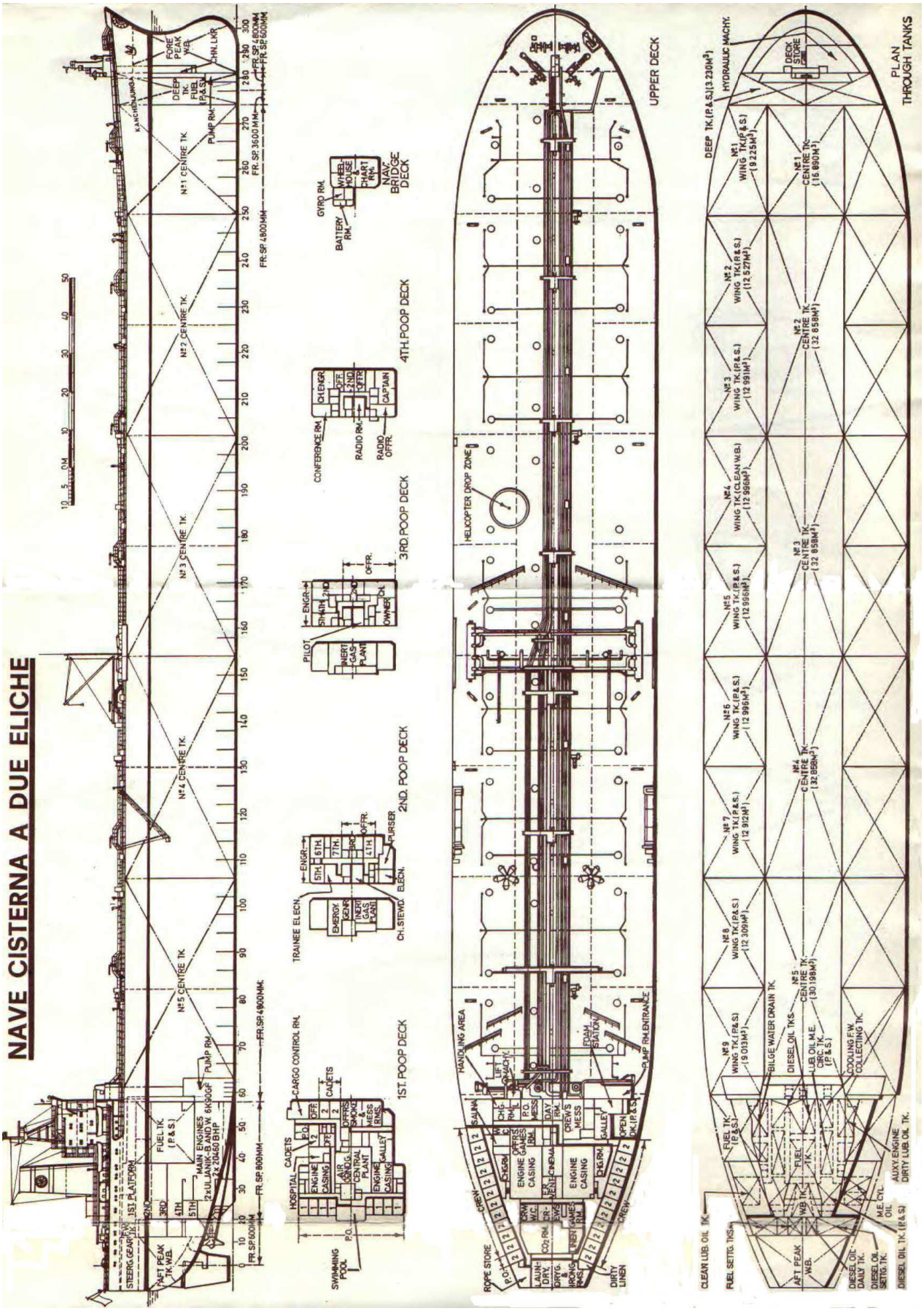


Nave passeggeri

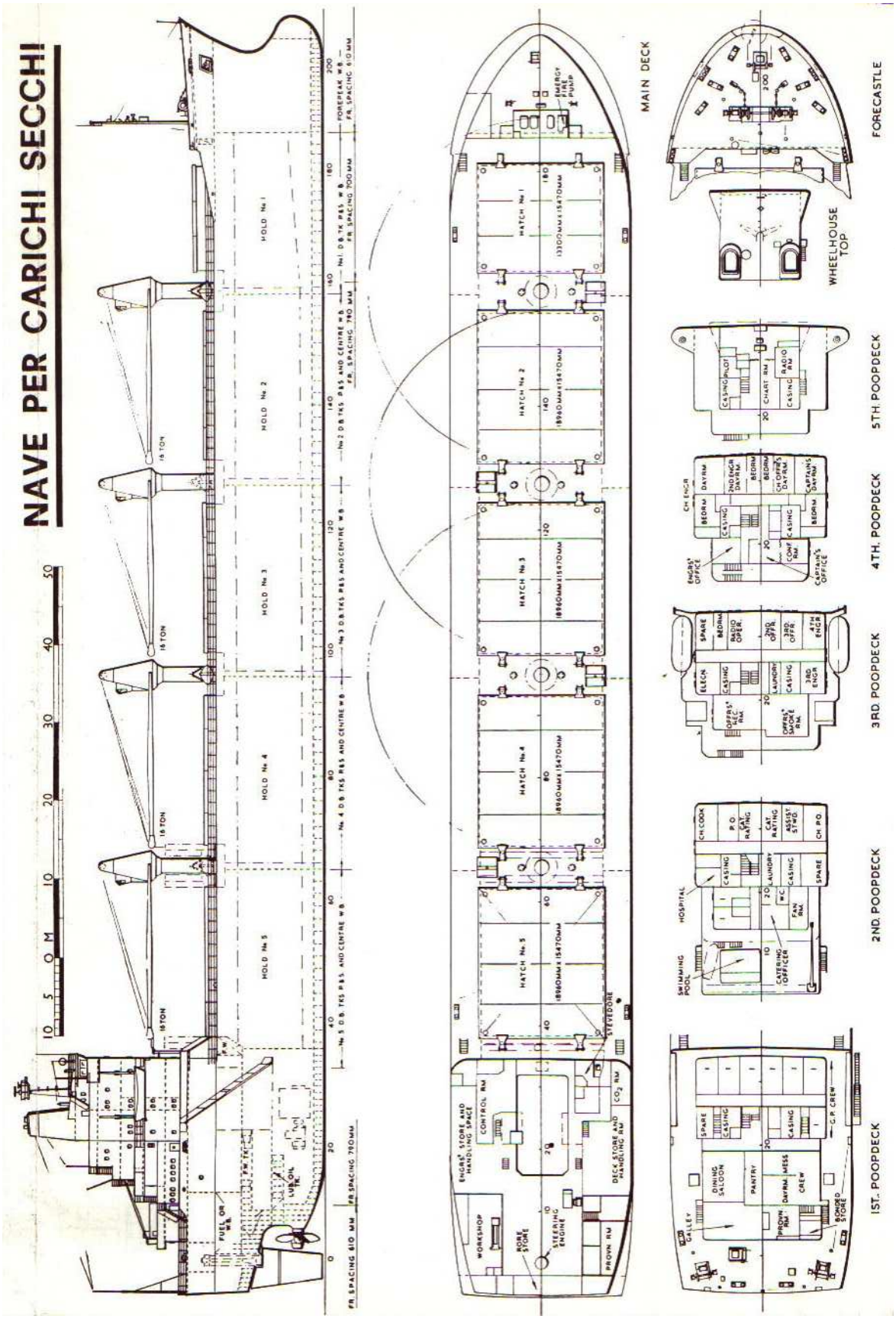
Gli alloggi e i servizi della nave sono predisposti in funzione del numero delle persone che debbono essere sistemate, numero che dipende dal servizio cui la nave è adibita. In generale il numero delle persone e la loro qualificazione sono definiti in base a Tabelle di Armamento emesse dalla Capitaneria di Porto in funzione della Stazza della nave.
I volumi e le aree delle cabine dell'equipaggio sono determinate in funzione di una legge, che risale al 1939, sull'igiene e abitabilità di tali locali.



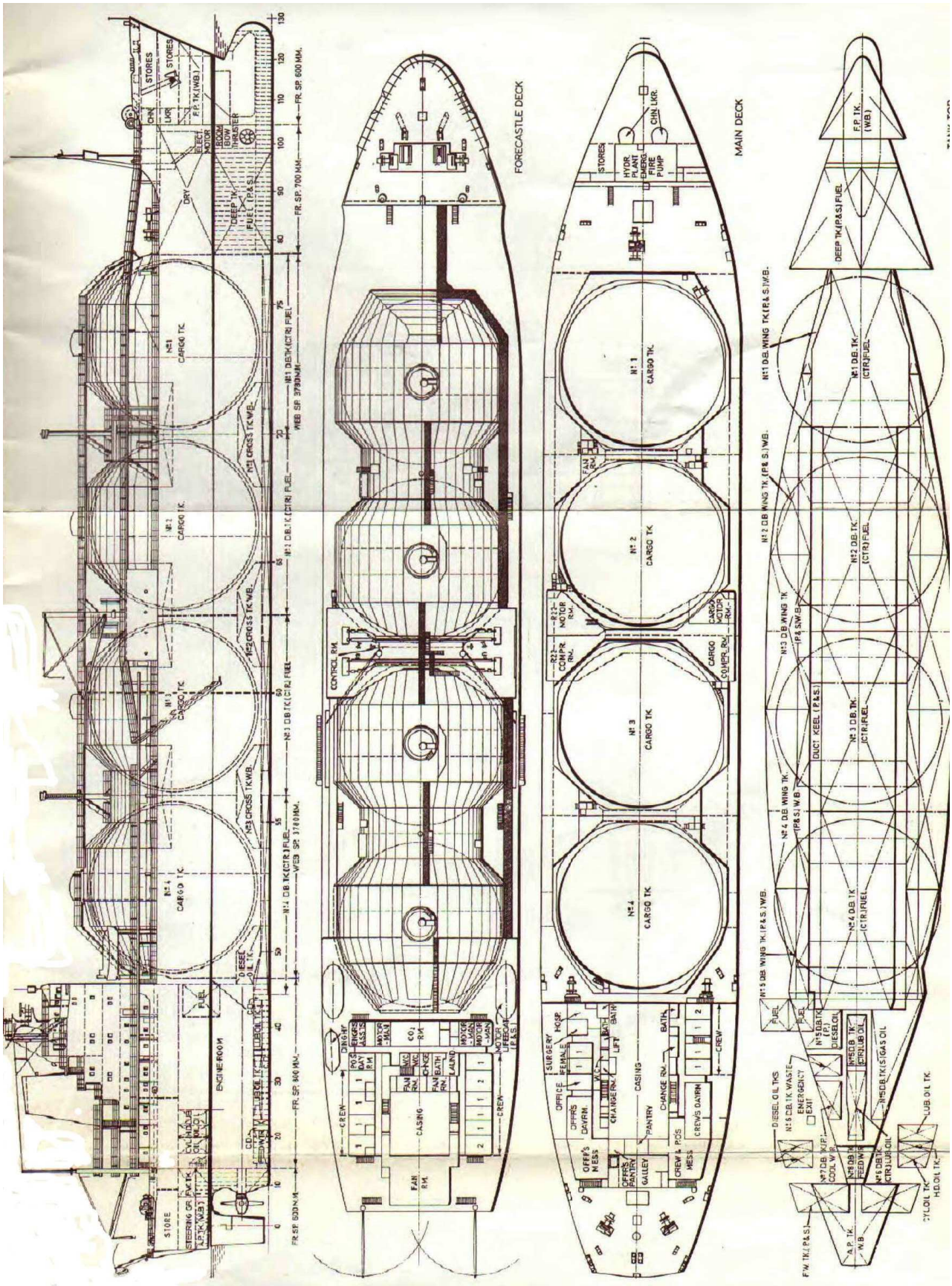
Nave traghetto



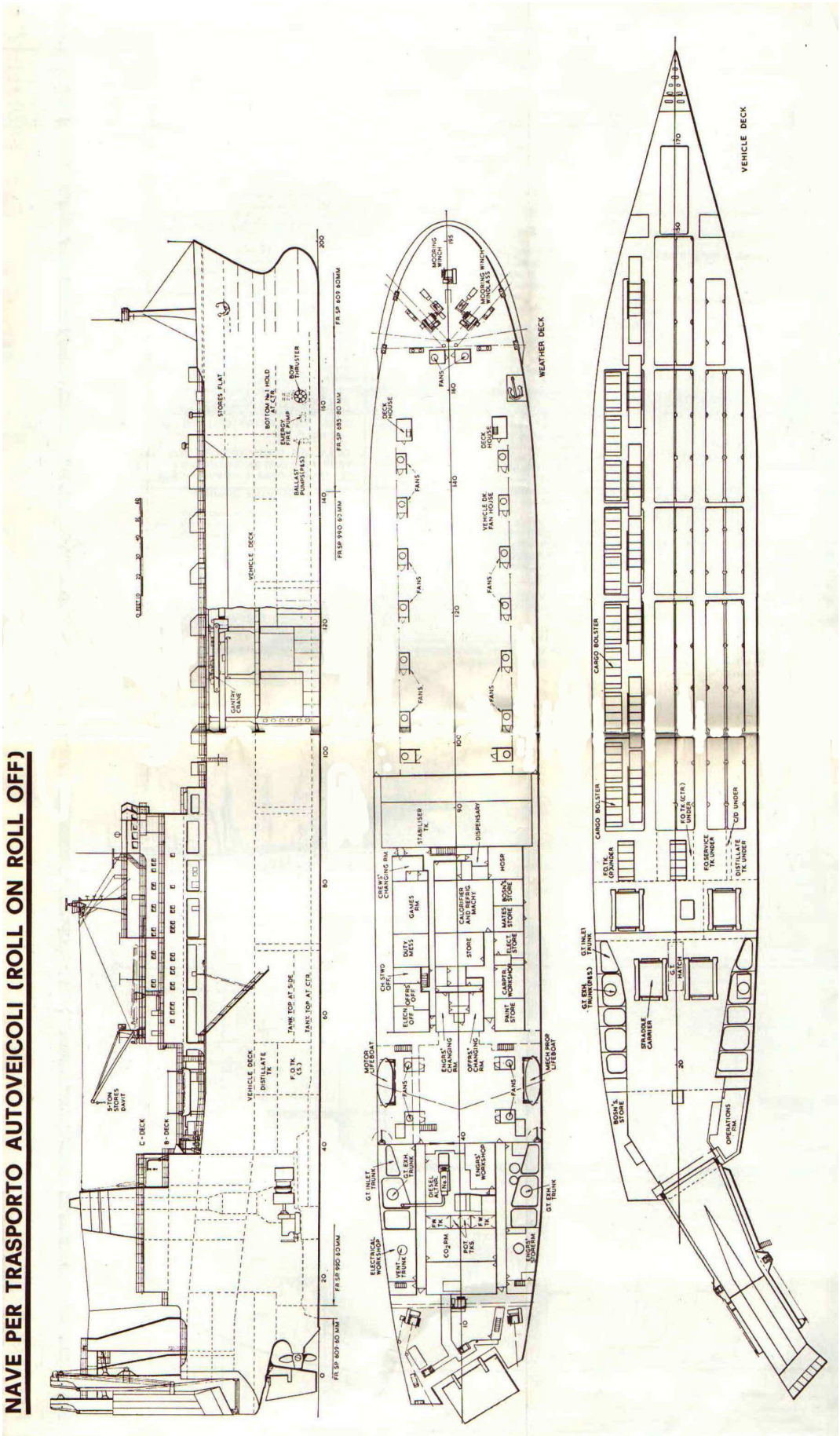
Nave cisterna a due eliche



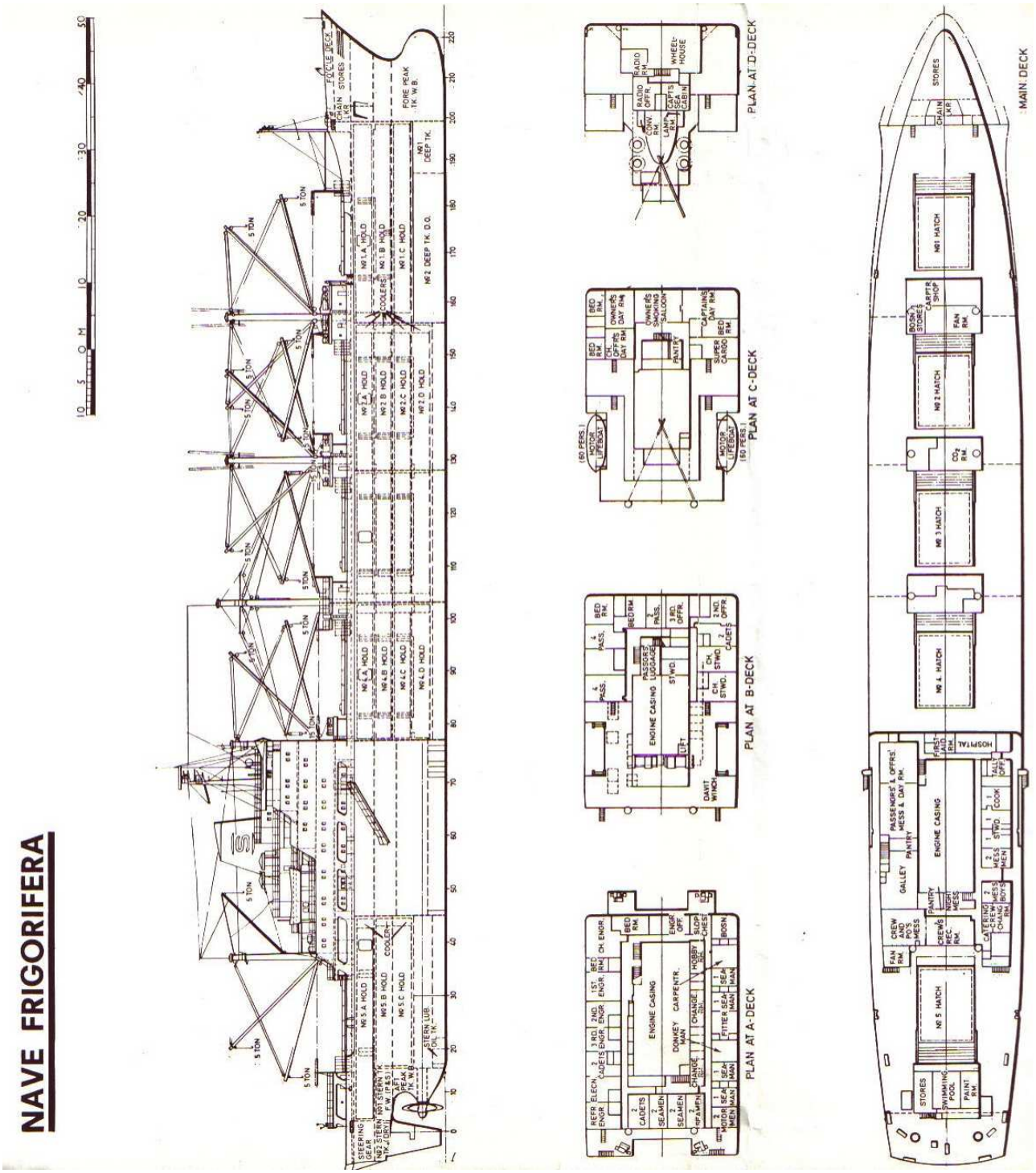
Nave Bulk Carrier



Nave Cisterna per il trasporto Gas liquido

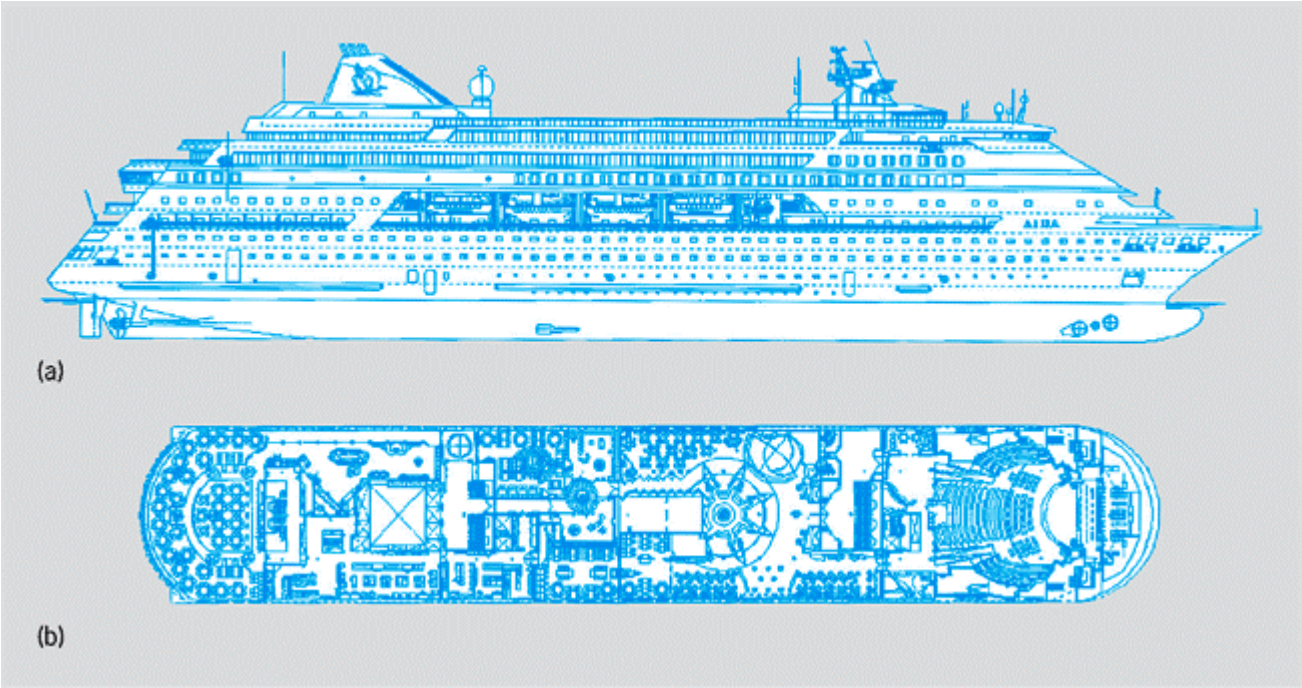

NAVE PER TRASPORTO AUTOVEICOLI (ROLL ON ROLL OFF)
VEHICLE DECK
WEATHER DECK
CARGO BOLSTER
STORES FLAT
BOW THRUSTER
GANTRY CRANE
MOORING WINCH
DECK HOUSE
VEHICLE DK FAN HOUSE
FANS
STABILISER TK.
DISPENSARY
GAMES RM.
CALORIFIER AND AIR COND. MACH.
STORE
MATES STORE
ELECT. STORE
CARPTR. WORKSHOP
PAINT STORE
BOSN'S STORE
HOSP.
CREW'ST CHANGING RM.
OFFRS' CHANGING RM.
ENGR'S CHANGING RM.
MOTOR LIFEBOAT
MECH. PROP LIFEBOAT
ENGR'S WORKSHOP
DIESEL GEN. SETS
ELECTRICAL WORKSHOP
VENT TRUNK
GT. EXH. TRUNK
GT. INLET TRUNK
FW TK.
POT TKS.
ENGINE ROOM
F.O. TK. (3)
TANK TOP AT SIDE
TANK TOP AT CTR.
DISTILLATE TK.
VEHICLE DECK
C - DECK
B - DECK
STON STORES DAVIT
F.O. TK. (CTR.) UNDER
F.O. SERVICE TK. UNDER
DISTILLATE TK. UNDER
C/D UNDER
F.O. TK. (P) UNDER
G.T. HATCH
SPADE CARRIER
OPERATIONS RM.
BOSN'S STORE

Nave Ro-Ro

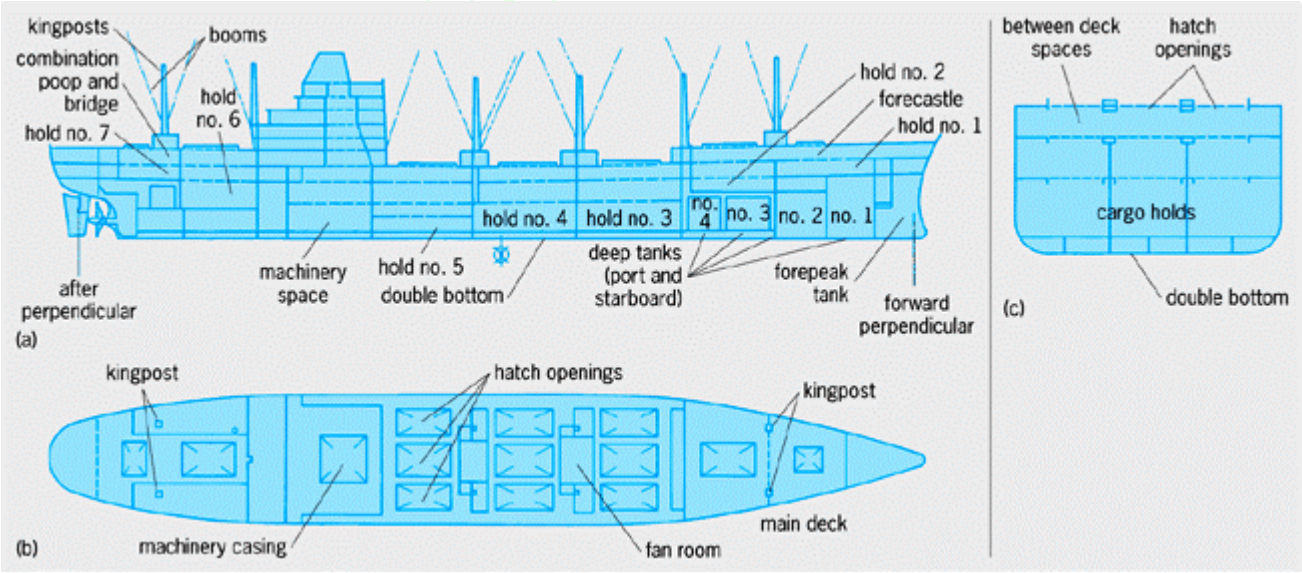


Nave rinfusiera refrigerata

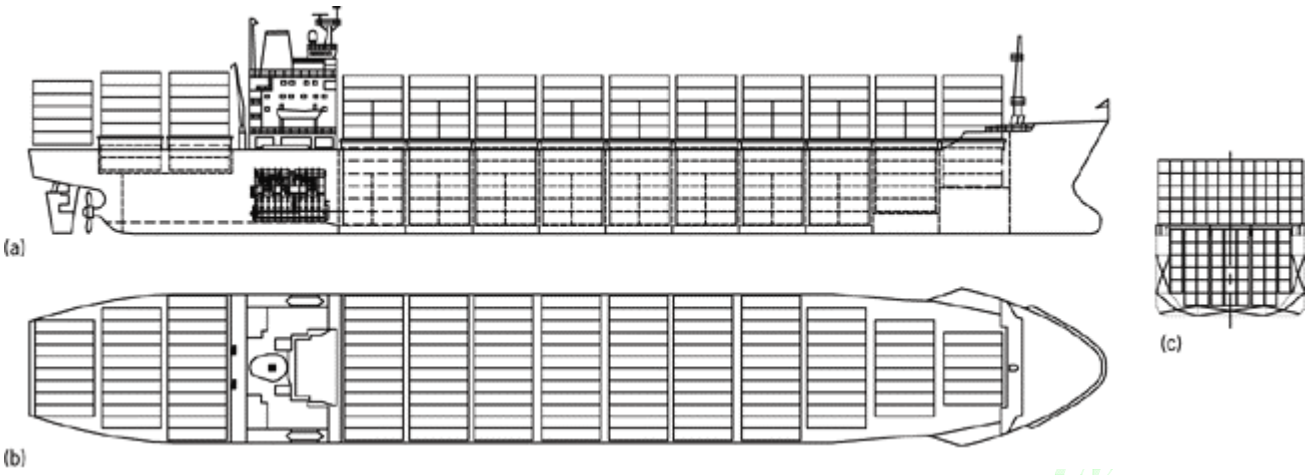
SEZIONI DI NAVI MERCANTILI (Terminologia inglese)



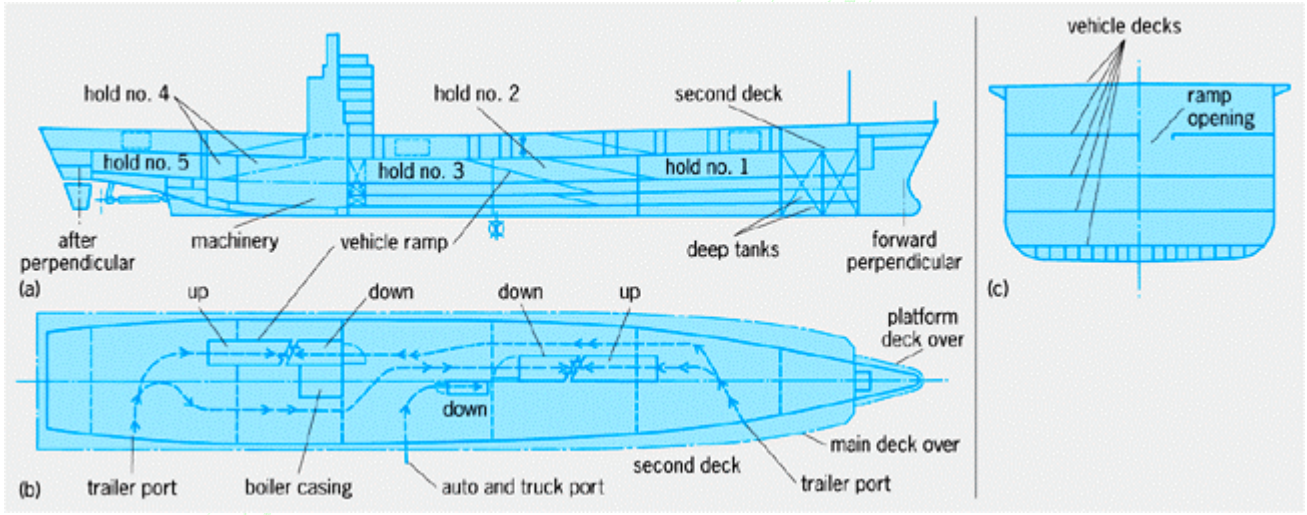
Nave passeggeri. (a) Profilo. (b) (main deck). Dimensioni principali e caratteristiche: lunghezza fuoritutto = 300 ft = 91 m; llunghezza tra le perpendicolari = 279 ft = 85 m; larghezza = 55 ft = 17 m; altezza = 27 ft = 8 m; pescaggio = 17 ft = 5 m; dislocamento = 5500 long tons = 5588 metric tons; portata lorda= 2947 long tons = 2994 metric tons; velocità di esercizio = 13.5 knots = 25 km/h; potenza = 5500 (4.1 MW).



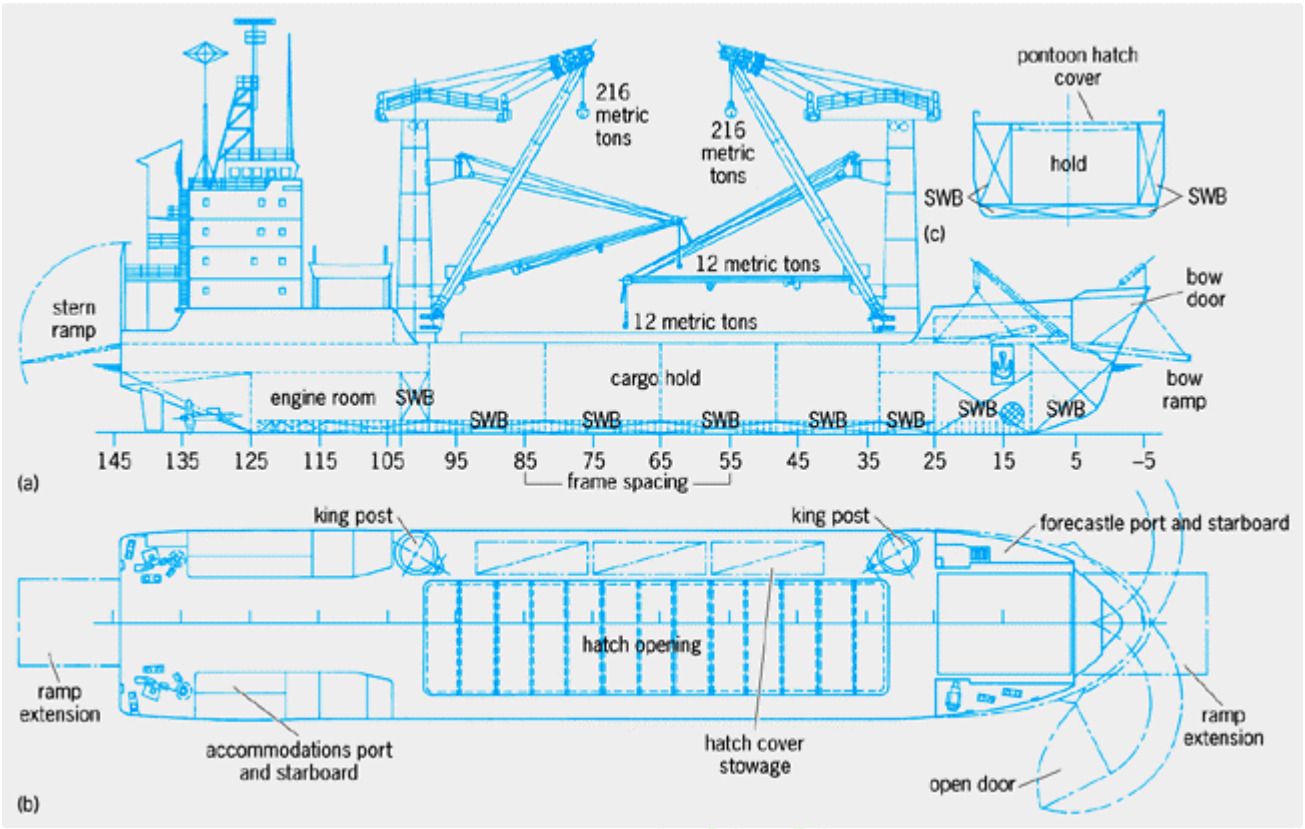
Nave per carico generale – General cargo: (a) Inboard profile. (b) Plan view (deck). (c) Typical section. Principal dimensions and other characteristics: length overall = 574 ft = 175 m; length between perpendiculars = 544.5 ft= 166 m; beam = 82 ft = 25 m; depth = 45.5 ft = 14 m; draft = 30.5 ft = 10 m; displacement = 21,235 long tons = 21,576 metric tons; deadweight = 12,932 long tons = 13,140 metric tons; service speed = 23 knots = 43 km/h; maximum shaft horsepower = 24,000 (18 MW); number of crew = 45.



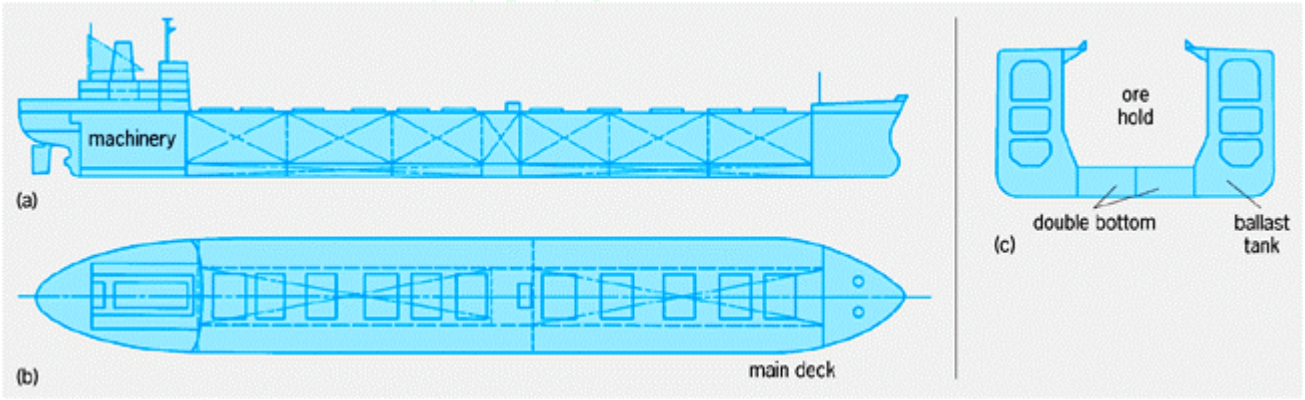
Container ship. (a) Inboard profile. (b) Plan view (deck). (c) Typical section. Principal dimensions and other characteristics: length overall = 752 ft = 229 m; length between perpendiculars = 705 ft = 215 m; beam = 100 ft = 30 m; depth = 57 ft = 17 m; draft = 31 ft = 9 m; displacement = 33,924 long tons = 34,468 metric tons; deadweight = 19,206 long tons = 19,514 metric tons; service speed = 27 knots = 50 km/h; shaft horsepower (two propellers) = 60,000 (44.7 MW); number of crew = 40.



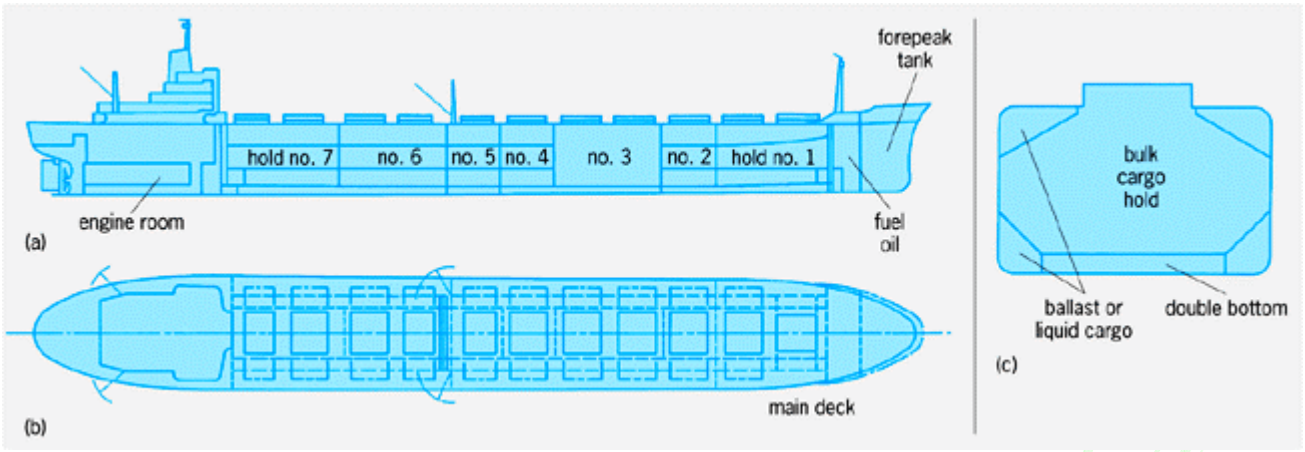
Roll-on/roll-off ship. (a) Inboard profile. (b) Plan view (deck). (c) Typical section. Principal dimensions and other characteristics: length overall = 700 ft = 213 m; length between perpendiculars 643 ft = 196 m; beam (maximum) = 105 ft = 32 m; depth = 60 ft = 18 m; draft = 27 ft = 8 m; displacement = 24,100 long tons = 24,500 metric tons; deadweight = 13,100 long tons = 13,300 metric tons; service speed = 25 knots = 46 km/h; shaft horsepower = 32,000 (23.9 MW); number of crew = 39.



(Nave portachiatte) Barge-carrying ship. (a) Inboard profile. (b) Plan view (deck). (c) Typical section. Principal dimensions and other characteristics: length overall = 820 ft = 250 m; length between perpendiculars = 724 ft = 221 m; beam = 100 ft = 30.5 m; depth = 60 ft = 18 m; draft = 28 ft = 8.5 m; displacement = 32,800 long tons = 33,330 metric tons; deadweight = 18,760 long tons = 19,060 metric tons; service speed = 22.5 knots = 42 km/h; shaft horsepower = 32,000 (24 MW); number of crew = 39.



(Nave porta minerali O.C.) - Ore Carrier. (a) Inboard profile. (b) Plan view (deck). (c) Typical section. Principal dimensions and other characteristics: length overall = 865 ft = 263 m; length between perpendiculars = 826 ft = 252 m; beam = 124 ft = 39 m; depth = 69 ft = 22 m; draft = 50 ft = 15.5 m; displacement = 124,000 long tons = 126,000 metric tons; deadweight = 104,500 long tons = 106,200 metric tons; service speed = 16 knots = 29 km/h; shaft horsepower = 24,300 (18 MW); number of crew = 40.



Nave per trasporto combinato (carico secco e carico liquido) - Combination bulk carrier. (a) Inboard profile. (b) Plan view (deck). (c) Typical section. Principal dimensions and other characteristics: length overall = 815 ft = 248 m; length between perpendiculars = 775 ft = 236 m; beam = 104.5 ft = 32 m; depth = 61.5 ft = 19 m; draft = 41 ft = 12.5 m; displacement = 78,938 long tons = 80,205 metric tons; deadweight = 63,410 long tons = 64,428 metric tons; service speed = 16 knots = 29 km/h; shaft horsepower = 18,000 (13.4 MW); number of crew = 41.

LA SICUREZZA MARITTIMA

Il problema della sicurezza in mare

E' noto, dal diritto, che la convivenza tra le persone deve essere regolata da leggi e regolamenti. Lo scopo è principalmente quello di garantire la sicurezza degli individui appartenenti ad un insieme di persone all'interno di una certa comunità o nell'ambito dello svolgimento di una certa attività.
Con il termine *"sicurezza"* si intende perciò una situazione oggettiva (cioè valida per tutti e relativa all'attività svolta dall'uomo) che sia *esente da pericoli* o *garantita* da *eventuali pericoli.*
Questo concetto deve valere in *qualsiasi ambiente* e, in particolare, anche a *bordo delle navi,* dove, certi aspetti, possono essere tali da assumere una certa rilevanza (si pensi alla convivenza in spazi ristretti, la lontananza dalla terra ferma, le condizioni meteorologiche e marine, ecc.).

La sicurezza in mare va intesa nel senso di una *"qualità percepita come limite, in corrispondenza della quale l'operatività di un sistema è esente da pericoli".* Essa mira a salvaguardare:

1) *la vita umana*
2) *l'ambiente marino*
3) *la nave*
4) *il carico*

Affinché tali obiettivi siano raggiunti è chiaro che è necessaria una *ripartizione delle responsabilità.*
Poiché la nave, nel corso dei suoi viaggi, il più delle volte collega nazioni differenti, con culture ed abitudini differenti, appare chiara la necessità di uno sforzo comune finalizzato al raggiungimento questi obbiettivi.
E' possibile condensare questo insieme di problematiche nel cosiddetto *"triangolo della sicurezza",* i cui tre lati sono determinati da: *Bordo/Personale/Terra.*
In questo triangolo il *bordo* rappresenta l'*efficienza della nave.*
Appare chiaro che, affinché tutto ciò possa funzionare, il *personale coinvolto,* sia esso di terra, oppure di bordo, deve essere *qualificato,* cioè opportunamente *istruito* ed *addestrato* ad eseguire tutte le mansioni a cui è stato destinato.
Le cose di Terra comprendono anche tutte le problematiche relative al soccorso.

In sintesi, le componenti per garantire la *Sicurezza in mare* sono:

- ***efficienza della nave:*** buona costruzione, buone qualità nautiche (stabilità, manovrabilità, galleggiabilità, riserva di spinta), dotazioni di sicurezza antincendio, di salvataggio;
- ***addestramento equipaggio:*** piena conoscenza degli impianti e delle attrezzature;
- ***soccorso***: quando viene meno uno dei due lati del triangolo *(efficienza-addestramento-soccorso*) è necessario l'intervento da parte di altri uomini e mezzi.

Principali enti operanti nel campo della sicurezza navale

I rappresentati delle diverse realtà, operanti nel campo navale, nel corso degli anni hanno dato vita a strutture ed organizzazioni internazionali operanti nell'ambito della sicurezza. Limitatamente al campo navale, in tali strutture avremo delle rappresentanze degli *armatori,* del *personale navigante,* del *personale di terra,* del *personale tecnico,* del *governo.*
I principali enti coinvolti nel campo della sicurezza sono:

- *International Maritime Organization (IMO):* è un'organizzazione, che fa capo all'ONU, che si occupa della sicurezza in campo navale e della tutela dell'ambiente marino. Il suo compito è quello di coordinare sistematicamente le norme in tema di *salvaguardia della vita umana in mare.*

L'IMO ha sede a Londra nel Regno Unito, e si struttura mediante i seguenti organi: Segretario Generale, Assemblea, Consiglio, Comitati Permanenti e Sottocomitati.

- *International Labour Organization (ILO):* è un'organizzazione che si occupa del lavoro e della sicurezza in genere e, in particolare, anche del bordo. Ha sede a Ginevra, in Svizzera. Tra i suoi scopi istituzionali c'è quello di migliorare le condizioni di lavoro.
- *World Health Organization (WHO):* è l'organizzazione mondiale della sanità. Ha sede a Ginevra. Il suo scopo è quello di raggiungere il più elevato *livello di salute* e di *igiene pubblica.*

A livello nazionale possiamo poi considerare:

- *Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT):* il suo compito è quello di promuovere l'approvazione di leggi, decreti e regolamenti, atti a dare piena esecuzione delle normative internazionali. Opera attraverso gli organi periferici (Direzione Marittima, Capitaneria di Porto, Ufficio Circondariale Marittimo) e l'ente tecnico (RINa).
- *Registro Italiano Navale (RINa):* funge da ente tecnico del ministero ed ha il compito effettuare le ispezioni e le verifiche richieste dalle normative, nonché rilasciare le relative certificazioni.

In sintesi, gli organi da cui dipende la *sicurezza in mare* sono:

- *L'autorità governativa marittima* (stesura leggi, rapida approvazione);
- *Il RINa* (controllo tecnico);
- *Gli armatori* (adeguamento alla normativa di sicurezza, collaborazione con l'autorità marittima);
- *Il personale navigante* (sempre più addestrato alle moderne tecniche della navigazione, con corsi di aggiornamento e formazione).

LA SICUREZZA DELLA NAVE

Per sicurezza della nave si intende quell'insieme di provvedimenti che si prendono allo scopo di dare alla nave *requisiti* e *mezzi* di difesa contro *sinistri.* Gli *elementi fondamentali* su cui si basa la sicurezza sono:

1) *di carattere architettonico:* galleggiabilità, stabilità, compartimentazione di galleggiabilità, manovrabilità;
2) *di carattere costruttivo:* robustezza strutturale generale e locale, compartimentazione tagliafuoco;
3) *di allestimento:* mezzi di prevenzione ed estinzione incendi, mezzi di governo, mezzi di salvataggio, mezzi di telecomunicazione.

Sicurezza per la galleggiabilità. La *galleggiabilità* della nave è l'elemento fondamentale della sicurezza, e si definisce mediante la capacità della nave a reagire alle forze che tendono a sommergerla (ad esempio peso dell'acqua imbarcata per falla, o sul ponte di coperta in acque tempestose e agitate).
Tale capacità viene data alla nave dotandola di una *riserva di spinta,* limitando cioè l'immersione. La riserva di spinta si definisce mediante il *Bordo Libero.*

La compartimentazione di galleggiabilità è intesa a suddividere la nave mediante paratie stagne in tanti *compartimenti* o zone, di volume o lunghezza tali da non provocare l'affondamento della nave nel caso che uno o più compartimenti venissero allagati a seguito di *collisione,* di *incaglio,* di *urto* contro corpi emersi o sommersi.

Sicurezza di costruzione. Riguarda la *robustezza della struttura* della nave rientra nei calcoli di *proporzionamento* delle strutture per quanto riguarda la *trave scafo.*

La robustezza delle navi

Il sistema strutturale della nave comprende ossature variamente disposte e opportunamente collegate fra loro. Tenendo presente la loro disposizione, le *ossature* si dividono in *ossature longitudinali, ossature trasversali, ossature verticali;* si chiamano *rinforzi locali* tutte quelle ossature che sono utilizzate per irrobustire alcune zone.
Gli sforzi cui deve complessivamente resistere il sistema strutturale si distinguono in:

- *sforzi longitudinali*
- *sforzi trasversali*
- *sforzi locali.*

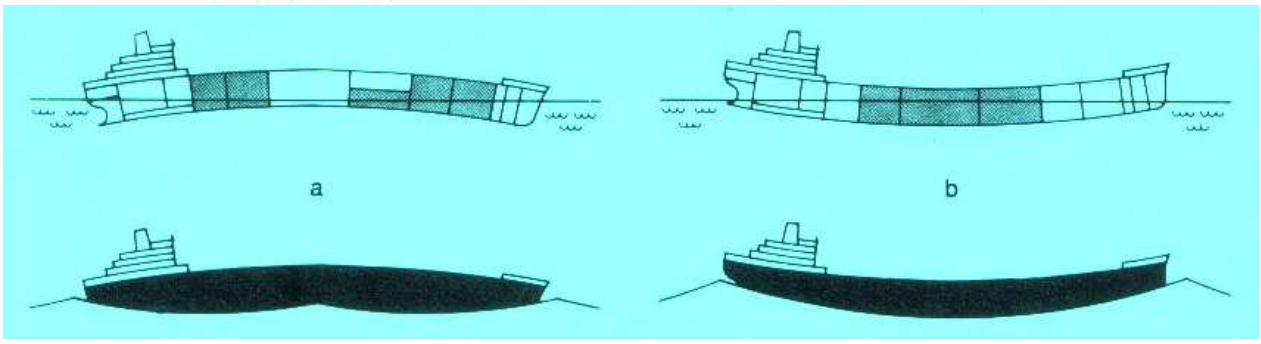
Le *ossature longitudinali* sono particolarmente destinate a svolgere una efficace azione di resistenza alle sollecitazioni derivanti da *sforzi longitudinali.* Le *ossature trasversali* svolgono la stessa azione nei riguardi delle sollecitazioni derivanti da *sforzi trasversale.* Le *osservazioni verticali* e i *rinforzi locali* sono specificatamente destinati a resistere alle sollecitazione che si generano in alcune zone.

Gli *sforzi longitudinali* sono dovuti agli squilibri che possono verificarsi nella distribuzione dei *pesi* e delle *spinte* nei diversi tratti della lunghezza. Questi squilibri si verificano anche in *acqua calma,* a causa della irregolare concentrazione dei *pesi propri* della nave *(macchina, ancore, catene)* e dei suoi pesi che costituiscono il suo *carico,* e possono raggiungere valori molto elevati quando la nave galleggia in *acque agitate* o si trova *incagliata.*

Nave container su una cresta d'onda

La stessa nave container in un cavo dell'onda

Nonostante la presenza di un valido sistema di *ossature longitudinali,* la nave è soggetta a deformazioni che si chiamano *inarcamenti* se si manifestano come innalzamento della sua *parte centrale* rispetto alle *parti estreme, insellamenti* nel caso opposto.



Inarcamento e Insellamento: a - nave inarcata (eccesso di spinta nella parte maestra); b - nave insellata (eccesso di peso nella parte maestra)

L'*inarcamento* e l'*insellamento* sono determinati da un *eccesso di spinta* o di *peso* nella *parte centrale* dello scafo. Maggiori deformazioni per inarcamento o insellamento si hanno in presenza di formazioni ondose aventi la *lunghezza* approssimativamente uguale alla *lunghezza della nave.* Si registra una notevole tendenza all'inarcamento quando la nave si trova con la parte centrale sulla *cresta dell'onda* e con le parti estreme su *due gole successive,* mentre si registra una altrettanto notevole tendenza

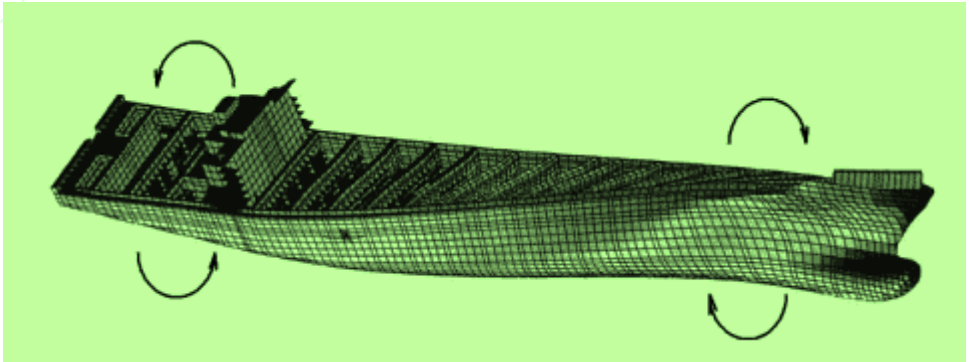
all'insellamento quando la parte centrale è sulla *gola dell'onda* e le parti estreme su *due creste successive.*

Gli *sforzi trasversali* derivano da uno squilibrio nella distribuzione dei pesi e delle spinte nei diversi punti di ciascuna sezione traversale. Le pressioni idrostatiche contro le murate, sui ponti (mare in tempesta), le pressioni dell'acqua sul fondo tendono a deformare la nave trasversalmente.
In particolari condizioni si possono avere degli *sforzi trasversali* di eccezionale intensità (come ad esempio quando la nave si *incaglia* o è immessa in *bacino).*

Agli sforzi deformanti sopra accennati, si debbono opporre le seguenti strutture della nave: i *ponti* con i loro *fasciami* e con i loro *bagli,* le *costole,* i *madieri,* i *puntelli,* le *paratie stagne trasversali.*
Anche le *oscillazioni di rollio* sono causa di deformazioni e di sforzi trasversali. Quando la nave *rolla,* i vari punti materiali di essa, essendo costretti a muoversi secondo traiettorie curve, con velocità variabile, vengono a risentire, oltre che dell'azione delle *forze statiche,* anche di quelle delle *forze d'inerzia.* In particolare, nelle successive sbandate del rollio, gli *angoli fra i bagli* ed *ossature* tendono alternativamente ad aprirsi ed a chiudersi. Ad evitare queste deformazioni, concorrono i *braccioli* dei *bagli* e le *paratie trasversali.*

Gli *sforzi locali* sono caratteristici di alcune zone limitate dove risultano concentrati carichi rilevanti. Fra le cause che determinano rilevanti sforzi locali ricordiamo la presenza di *grossi pesi* su parti poco estese dei ponti e del fondo, l'azione dei *cuscinetti reggispinta,* il peso e le vibrazioni della *macchina di propulsione,* una eventuale *reazione d'incaglio.*

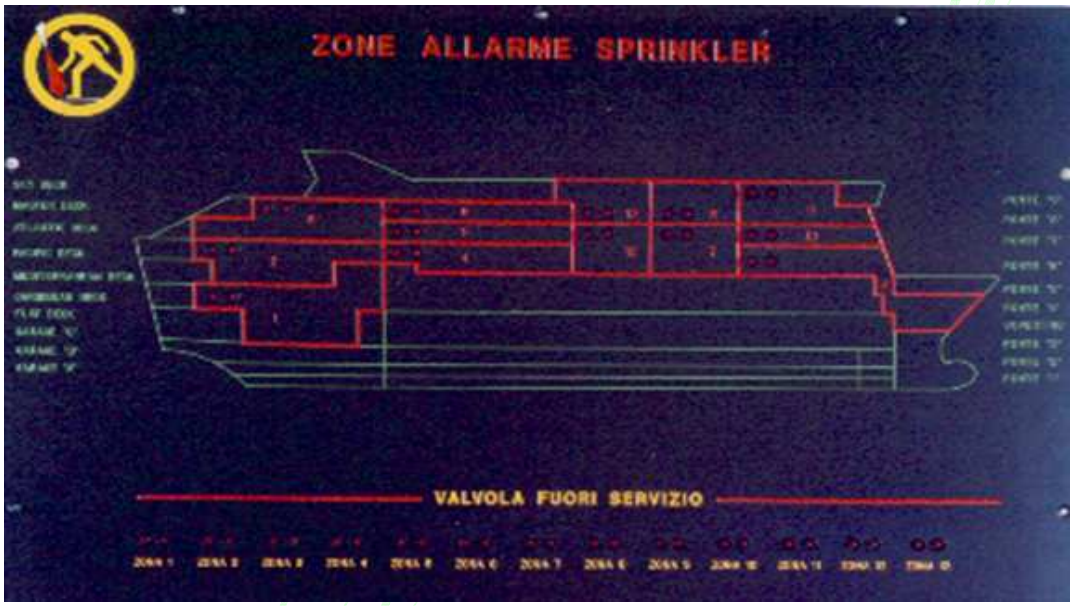
Lo *sforzo di torsione* si ha quando c'è asimmetria nella distribuzione dei pesi al di sopra del piano di galleggiamento. In navigazione con mare mosso, specialmente con onde che provengono obliquamente rispetto all'asse longitudinale della nave, lo sforzo di torsione aumenta in conseguenza della distribuzione delle pressioni dell'acqua sulle parti immerse dello scafo.
Lo sforzo di torsione è presente principalmente nelle *"navi aperte",* come le *navi porta contenitori.*



Sforzo di torsione nella zona prodiera e poppiera della nave

Sicurezza di allestimento. È data dai *mezzi antincendio* (quelli di prevenzione o *difesa passiva: compartimentazione tagliafuoco;* e quelli di estinzione o *difesa attiva;* dai *mezzi di governo;* dai *mezzi di salvataggio*; dai *mezzi di radiocomunicazione.*

Compartimentazione tagliafuoco. La compartimentazione tagliafuoco si applica alle navi passeggeri e consiste nell'*isolamento* degli spazi destinati agli *alloggi,* locali *pubblici,* ecc. da quelli destinati all'*apparato motore,* a *depositi,* al *carico* mediante *paratie* e *fasciame* dei *ponti resistenti al fuoco.*
Si hanno divisioni di *classe A* e divisioni di *classe B.* Le divisioni di *classe A* s'intendono quelle *paratie* e *ponti* costruiti in acciaio o altro materiale equivalente convenientemente irrobustite, tali da impedire il passaggio del fumo e delle fiamme alla fine della *prova standard del fuoco* della durata di *un'ora;* le divisioni di classe B sono paratie costruite in modo da impedire il passaggio delle fiamme fino al termine della prima *mezz'ora* della *prova standard del fuoco.*



Mezzi di estinzione. Sono costituiti da elementi che provochino il *raffreddamento* della *sostanza combustibile* e l'*isolamento* del focolare di incendio dall'area circostante. Per il raffreddamento si adoperano *getti* o *pioggia d'acqua,* che servono anche alla *soffocazione* che può essere ottenuta anche con *nebbia d'acqua, vapore acqueo*, *anidride carbonica, schiuma chimica* o *sabbia.*
I mezzi di estinzione di bordo sono dunque *estintori a schiuma,* ad *anidride carbonica,* ad acqua pressurizzata *(sistemi Sprinkler),* vapore sotto pressione. Per le navi che trasportano liquidi combustibili, o prodotti chimici, o sostanze chimiche alla rinfusa, o in contenitori bisogna rispettare norme più rigorose.

Stazione CO_2 di bordo

Mezzi di salvataggio. Sono costituiti dall'insieme d'imbarcazioni di salvataggio e apparecchi galleggianti di cui deve essere dotata una nave (da passeggeri e da carico) avente stazza lorda non inferiore a *500 t.s.l.* per l'evacuazione rapida e sicura in caso d'emergenza. I mezzi di salvataggio devono possedere spiccati requisiti di *galleggiabilità* e *stabilità,* nonché essere dotati di viveri e d'acqua sufficienti per alimentare il numero di persone che ciascun mezzo è abilitato a imbarcare, medicinali di pronto soccorso e mezzi di segnalazione ottica e radiotelegrafica.
Ogni mezzo di salvataggio deve poter essere messo a mare sicuramente e rapidamente anche con nave sbandata trasversalmente *(20°)* e longitudinalmente *(10°),* permettere il rapido imbarco delle persone, avere manovra indipendente dagli altri mezzi di salvataggio, essere in buono stato e pronto all'uso in ogni tempo.

Imbarcaziione di salvataggio della "Oasis of the seas"

Sistema di evacuazione "Chute" (canale cilindrico)

Le caratteristiche, il numero e la capacità dei mezzi di salvataggio destinati alle navi mercantili sono regolamentati dalla SOLAS *(Safety of life at sea)* e dalle amministrazioni dei governi firmatari e sviluppate nei dettagli tecnici nei regolamenti dei *Registri di classificazione.* La SOLAS prevede i seguenti mezzi di salvataggio: *imbarcazioni di salvataggio a propulsione meccanica, motoscafi di*

salvataggio, zattere di salvataggio autogonfiabili, apparecchi galleggianti, salvagenti anulari e cinture di salvataggio, imbarcazioni di emergenza per le sole navi da passeggeri.
Per le suddette imbarcazioni sono prescritti appositi mezzi di *messa in mare,* una coppia di gru per ogni imbarcazione, abbattibile o a gravità.
Le zattere di *salvataggio autogonfiabili* devono essere costituite da diverse camere stagne al gas e resistenti in modo da formare un'imbarcazione chiusa con apertura superiore per l'entrata delle persone; devono inoltre essere dotate di una tenda per la protezione dalle intemperie. La messa a mare di tutti i mezzi di salvataggio deve avvenire in 30min. *(passegg. + equip.).*

Mezzi di radiocomunicazione. Per la sicurezza delle navi passeggeri e delle navi da carico la SOLAS prevede i mezzi di radiocomunicazione riportati nel *Cap. IV della Convenzione per la salvaguardia della vita umana in mare 1974 (SOLAS).*
Con gli emendamenti del 1983 alla SOLAS, fra gli apparati delle radiocomunicazioni di emergenza è stato introdotto anche *l'EPIRB (Emergency Position Indicator Radio Beacon)* che è una radio boa che, staccata dalla nave, emette segnali di emergenza su frequenze che possono essere captate da satelliti e ritrasmessi ad altre navi e *stazioni costiere.* Il *capitolo IV* della SOLAS è stato completamente revisionato nell'ottobre 1988 con gli emendamenti riguardanti il *GMDSS (Global Marittime Distress and Safety System),* sistema di soccorso e salvataggio a copertura globale.

EPIRB

Stazione GMDSS

Nel 1999 è stata abolita la radiotelegrafia per l'uso marittimo e dato origine all'implementazione, a livello mondiale, del sistema GMDSS. Con questa sigla, GMDSS (Global Marittime Distress and Safety Sistem,) si intende oggi il sistema vigente per il soccorso e la sicurezza della vita umana in mare.

ENTI DI CLASSIFICAZIONE DELLE NAVI

Allo scopo di dare agli *assicuratori* che assicurano le *navi* ed i loro *carichi* ed agli interessati ai traffici marittimi (armatori, noleggatori, spedizionieri, ecc.) notizie precise e sicure sull'*efficienza* delle singole navi, sorsero nei vari Paesi i *"Registri di classificazione",* che sono *istituzioni,* in genere *private,* organizzate in modo da poter rilasciare certificati attestanti le *condizioni di robustezza,* di *sicurezza* e di *navigabilità* delle navi e la loro *attitudine* ed *idoneità* a trasportare merci e passeggeri.

Detti Enti pubblicano elenchi *(registri)* particolareggiati delle navi da essi classificate con tutte le notizie e dettagli tecnici ad esse relativi; stabiliscono *norme* e *regole* per la costruzione delle navi ed il *proporzionamento* delle varie strutture; inoltre sottopongono a *visite periodiche* le navi già classificate per stabilire la possibilità o meno della permanenza delle stesse navi nella *classe* già loro precedentemente assegnata.
In Inghilterra esistono: il *Lloyd's Register of Shipping,* fondato per primo nel 1760; in Francia il *Bureau Veritas;* in Germania, il *Germanischer Lloyd;* negli Stati Uniti, l'*American Bureau of Shipping;* in Svezia e Norvegia, il *Norske Veritas;* e così altrettanto in Giapponesi; Grecia, in Olanda, ecc. (KR Korea Register of Shipping – NK Nippon Kaiji Kyokai – CCS China Classification of Shipping – RS Russian maritime register of Shipping – BKI Biro Klasifikasi Indonesia – BKR Bulgarian Register of Shipping – CRS Croatian Register of Shipping – HR Hellenic Register of Shipping – IRS Indian Register of Shipping – PR Polski Rejestr Stratkow – RNR Registrul Naval Roman)

In Italia esiste il *Registro Italiano Navale (R.I.Na),* che oltre alle funzioni suddette, esercita anche per *delega* dello Stato, funzioni legali di sorveglianza e di controllo delle costruzioni navali e sulle navi, per l'applicazione delle disposizioni legislative riguardanti la *sicurezza delle navi mercantili* e della *vita umana in mare;* assegna il *Bordo Libero* e calcola la *stazza* della navi mercantili.

RINA - Registro Italiano Navale Group
International Ship Classification and Management System Certification Society

Caratteristiche della classe

La classe viene espressa mediante un *simbolo* formato da *cifre* e *sigle* che rappresentano le caratteristiche della classe stessa.
Le caratteristiche della classe sono:

- caratteristica di *fiducia*
- caratteristica di *navigazione*

La *caratteristica di fiducia* consiste:

- numero *100* o *90:* indice di fiducia, attribuito globalmente .
- lettera *A* o *Ar* o *As* eventualmente seguita dalla notazione *"sperimentale":* indice dei criteri costruttivi e di progettazione in relazione a quelli delle norme dell'Istituto.
- numero *1* o *2:* indice di fiducia attribuito separatamente allo *scafo.*
- numero *1* o *2:* indice di fiducia attribuito separatemeli te alle *macchine.*
- una o più delle marche di sorveglianza (*Croce di Malta scafo*, *Croce di Malta macchine, Marca Stella):* indice di particolare intervento dell'istituto e di aderenza alle normative dello stesso.

I numeri *100 - 1.1* sono assegnati quando lo *scafo* e le *macchine* sono entrambi giudicati buoni.
I numeri *90 - 1.2, 90 - 2.1, 90 - 2.2* sono assegnati rispettivamente quando è giudicato: scafo "buono" con macchine *"sufficienti",* scafo *"sufficiente"* con macchine *"buone",* scafo e macchine entrambi *"sufficienti".* Pertanto l'indice globale *90* è assegnato quando o *scafo* o *macchine* o *entrambi sono giudicati solo sufficienti.*
La *lettera A* viene assegnata alle navi costruite secondo i criteri e le norme dei regolamenti dell'Istituto o di regolamenti riconosciuti equivalenti.

La sigla *Ar (*la lettera *r* significa *"ridotto")* viene assegnata alle navi con *fattore di corrosione ridotto,* nei casi specificati nella Sezione B dei regolamenti, ed in accordo con le relative norme.
La sigla *As* (la lettera *s* significa *"speciale*) viene assegnata alle navi costruite con criteri differenti da quelli regolamentari ma che la *Direzione Generale* giudica *soddisfacenti.*
La notazione *"sperimentale"* viene assegnata temporaneamente alle navi con sigla *As* per le quali in tutto o in parte i criteri di progettazione e costruzione sono considerati di tipo non tradizionale o non usuale ed hanno quindi *carattere di novità,* pur essendo giudicati soddisfacenti dalla Direzione.
Le *marche di sorveglianza* sono la *Croce di Malta* e la marca Stella.

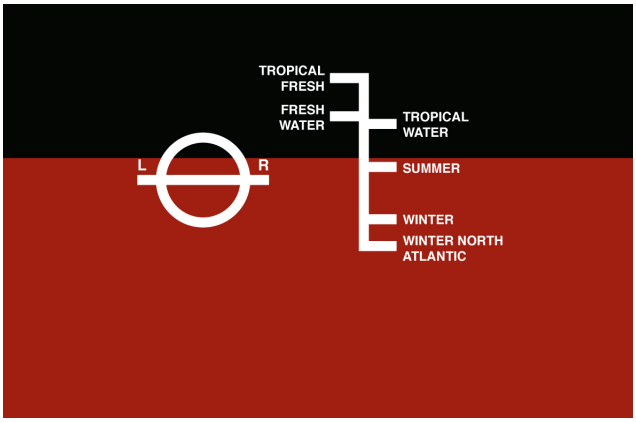
1. *Croce di Malta* - La marca Croce di Malta (✠) viene assegnata separatamente alle due parti fondamentali di una nave *(scafo e macchine)* quando ciascuna di tali parti (con relativi componenti) è stata costruita con sorveglianza dell'Istituto.
2. *Marca stella* - La marca stella (★) viene assegnata alle navi le cui parti, scafo e macchine, siano entrambe riconosciute meritevoli della Croce di Malta.

La caratteristica di navigazione: è formata dalla sigla *NAV.* seguita da *lettere* e *numeri*. Indica il tipo di navigazione alla quale viene riconosciuta idonea.

NAV. I. L.	*Navigazione **I**llimitata (o **I**nternazionale lunga) di **L**ungo corso*
NAV. I. B.	*Navigazione **I**nternazionale **B**reve (navigazione che si svolge fra stati diversi con limitazione sulle distanze) (Passeggeri)*
NAV. G.	*Navigazione **G**rande Cabotaggio (navigazione sia nel mediterraneo che in alcune zone oltre gli stretti)*
NAV. P.	*Navigazione di **P**iccolo Cabotaggio (navigazione nel mediterraneo che in alcune zone di pertinenza europea)*
NAV. I. C.	*Navigazione **I**nternazionale **C**ostiera (navigazione fra diversi stati entro le 20 miglia dalla costa)*
NAV. N.	*Navigazione **N**azionale (navigazione fra porti dello Stato Italiano, a qualsiasi distanza dalla costa)*
NAV. N. C.	*Navigazione **N**azionale **C**ostiera (navigazione fra porti dello Stato Italiano, entro le 20 miglia dalla costa)*
NAV. N. Li.	*Navigazione **N**azionale **Li**toranea (navigazione fra porti dello Stato Italiano, in prossimità dalla costa)*
NAV. N. Lo.	*Navigazione **N**azionale **Lo**cale (navigazione all'interno di rade, porti, estuari, canali dello Stato Italiano, in strettissima prossimità dalla costa)*
NAV. I.	*Navigazione **I**nterna (navigazione in fiumi, laghi, canali, nello Stato Italiano, o fuori di esso)*

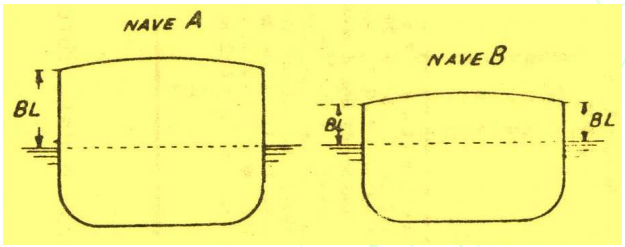
IL BORDO LIBERO

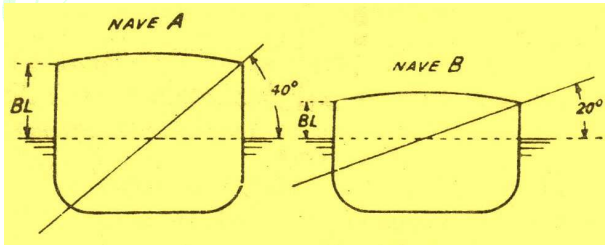
In una nave, il termine *Bordo Libero* definisce la distanza, misurata verticalmente a metà lunghezza della nave, dall'orlo superiore della *linea di riferimento* all'orlo superiore della *marca corrispondente.*
Si intende per *linea di riferimento* una striscia orizzontale di *300 mm* di *lunghezza* e *25 mm* di *altezza.*
Il suo orlo superiore passa per il punto in cui il prolungamento della superficie superiore del ponte di bordo libero interseca la superficie esterna del fasciame delle murate. Le *norme* riguardanti il Bordo Libero, attualmente vigenti sono quelle sottoscritte dalle nazioni partecipanti a Londra nel *1966* alla seconda Conferenza internazionale del Bordo Libero.

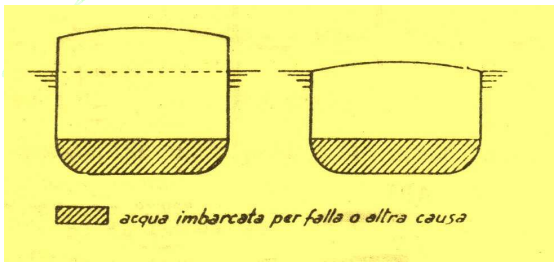


Il *ponte di Bordo Libero* è il più alto ponte completo esposto alle intemperie le cui aperture sono dotate di mezzi di chiusura permanenti stagni all'acqua. Un bordo libero adeguato ha effetti benefici sulla sicurezza della nave per *tre motivi* fondamentali:

1. il ponte di coperta, le sue aperture, le sovrastrutture risultano *più lontani* dal piano di galleggiamento e quindi gli effetti di eventuali colpi di mare sono meno pericolosi;
2. in caso di *inclinazione trasversale,* fa nascere un menisco di emersione e un menisco di immersione che danno origine a un momento raddrizzante;
3. in caso di *parziale allagamento dello scafo,* il volume residuo chiuso tra il piano di galleggiamento e il ponte di bordo libero costituisce una *riserva di spinta* che si oppone, entro certi limiti, all'effetto dell'*allagamento.*



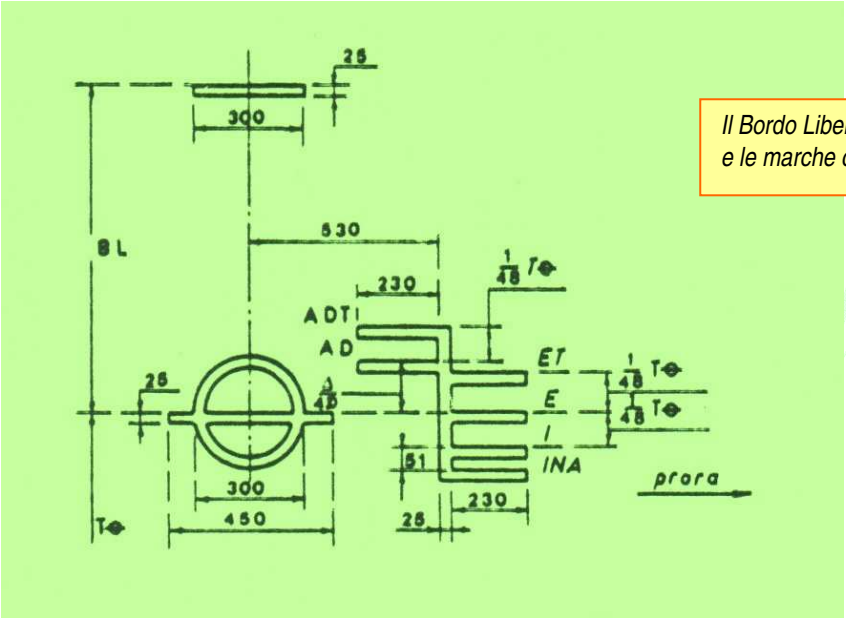




L'assegnazione del Bordo Libero è effettuata, a mezzo di tabelle, in funzione della lunghezza della nave e in funzione del tipo di nave. Sono previste navi di tipo A e navi di tipo B. Le prime sono progettate per il trasporto di carichi liquidi alla rinfusa, per cui prevedono solo aperture stagne di piccole dimensioni e, per lunghezze maggiori di 225, sono in grado di galleggiare con l'apparato motore (A.M.) allagato.
Le navi di tipo B sono tutte le altre; il Bordo Libero tabulare delle prime è ovviamente inferiore a quello delle seconde. È prevista una serie di correzioni al valore del Bordo Libero tabulare dettagliatamente riportate dai Regolamenti.

Marche di Bordo libero

Il Bordo Libero calcolato, cioè il Bordo Libero tabulare corretto nel modo descritto, si riferisce alla *massima immersione estiva* in acqua salata. Essa è indicata dall'orlo superiore di una striscia orizzontale, disegnata a metà lunghezza su entrambe le murate della nave, attraversante una corona circolare di pari spessore *(disco di Plimsoll).* Sono inoltre previste *marche complementari.*



Il Bordo Libero
e le marche complementari

DISLOCAMENTO – PORTATA – STAZZA

Dislocamento

Si definisce Dislocamento, di solito indicato con il simbolo Δ (o *D*), il *peso della nave:* per il principio di Archimede, risulta uguale a quello del volume dell'acqua spostata (dislocata) dalla nave stessa, ed è dato dal volume di carena ∇ moltiplicato per il peso specifico dell'acqua γ*:*

$$\Delta = \nabla \cdot \gamma$$

per l'acqua di mare si assume $\gamma = 1026\ kg/m^3$.

Dislocamento leggero (Light ship) $\Delta_0 = P_{scafo} + P_{apparato\ motore} + P_{allestimento}$ *(nave scarica ed asciutta)*
Dislocamento nave vuota $\Delta_{nv} = P_{scafo} + P_{apparato\ motore} + P_{allestimento} + P_{lubrificanti} + P_{equipaggio}$
Dislocamento a pieno carico $\Delta_{pc} = \Delta_0 + P_{combustibile} + P_{lubrificanti} + P_{equipaggio} + P_{carichi\ mobili} + P_{ort}N_{et}$

(carichi mobili sono costituiti da acqua di lavanda e potabile, viveri, liquidi in circolazione, dotazioni di coperta, di camera e di macchina ; Peso di allestimento è il peso complessivo delle sistemazioni di bordo, escluso l'apparato motore, che concorrono a rendere la nave capace di navigare e di assolvere ai suoi compiti specifici).

Portata

La *Portata lorda (Dead Weight)* è il peso di tutto quanto viene caricato a bordo, consistente nella merce più le dotazioni di consumo per l'esercizio della nave (nafta, acqua, viveri, etc.)

$$DW = \Delta_{pc} - \Delta_{nv}$$

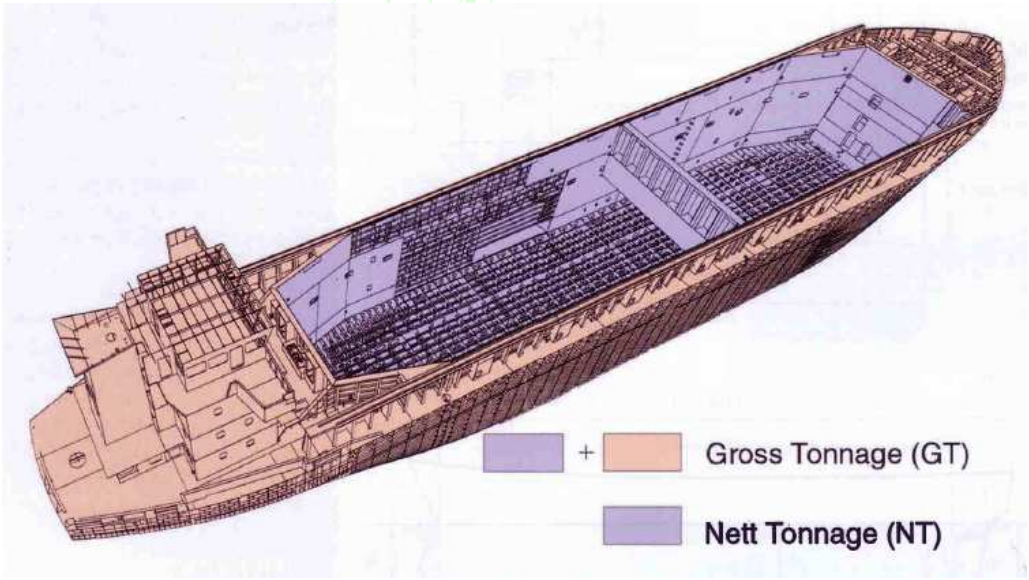
La Portata netta rappresenta solo il carico utile ai fini economici

$$PN = DW - (B + A + R + \Sigma)$$

B: bunkeraggio, olio, nafta apparato motore; A: provviste di acqua potabile e lavanda; R: rimanenze a bordo di nafta e acqua; Σ: pesi morti, equipaggio, provviste, pezzi di rispetto, pesi che si accumulano, pesi di nuova installazione.

Stazza

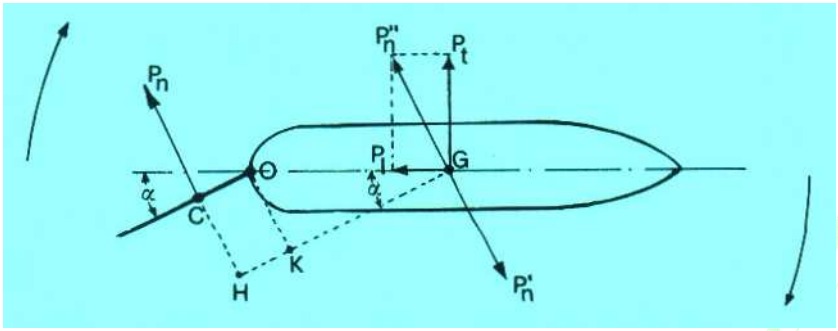
È una misura di *carattere fiscale* destinata a indicare la possibilità di sfruttamento commerciale di una nave mercantile, considerata quale oggetto capace di produrre un reddito e, come tale, tassabile. La stazza, quindi, misura la *capacità interna* della nave che è possibile sfruttare a scopi commerciali per trasporto di cose, di persone, per eseguire lavori.
In base alla *stazza lorda* o a quella *netta,* a seconda dei casi, si stabiliscono: le *varie tassazioni* (di *ancoraggio,* di *pilotaggio,* di *rimorchio,* di *ormeggio,* diritti di *attraversamento di canali),* la *tabella equipaggio,* cioè il *numero minimo* e la categoria di persone componenti l'equipaggio; l'installazione o meno a bordo di *determinate attrezzature* e impianti di sicurezza; tariffe per *assicurazioni,* per agenzia e spedizionieri, per sopralluoghi, per *diritti consolari all'estero.*
Per stabilire la grandezza che potesse misurare la capacità interna della nave non ci si è riferiti al *dislocamento* o alla *portata* della nave mercantile, perché il dislocamento può variare in funzione della *quantità* e della *densità* della merce e, anche volendo riferirsi al *dislocamento* di *"pieno carico",* è da notare che la *portata netta* (che è l'elemento più indicativo ai fini commerciali) è variabile, sia pure di poco, in funzione dell'*autonomia (cioè delle dotazioni di consumo imbarcate)* e che allorquando si stabilì di definire un parametro di *uso fiscale* non esisteva ancora il *Bordo Libero.*
L'unità di misura della capacità per la stazza è la *tonnellata di stazza (register ton)* equivalente a *100 piedi cubi inglesi, cioè 2,832 m^3.*



Si definiscono: 1) la *stazza lorda,* SL *(Gross Tonnage, GT,* cioè la *capacità interna globale* della nave (scafo propriamente detto e soprastruttura); la *stazza netta, SN (Nett Tonnage, NT),* che si ottiene dalla *SL* deducendo i volumi indispensabili ai servizi e alle installazioni per l'esercizio della nave e che non sono utilizzabili per la nave o per i passeggeri *(alloggio equipaggio, locale apparato motore, depositi combustibile, ecc.)* e il volume dei locali destinati alla zavorra.

IL GOVERNO DELLA NAVE

Con il termine *governo (steering)* si intende il controllo della *direzione (Rotta),* nonché i *cambiamenti* della direzione della nave in movimento. Il governo della nave coinvolge la sua *velocità* e l'organo fondamentale è il timone, situato generalmente a poppa, il cui effetto è quello di produrre una forza *(Pressione normale)* quando esso è inclinato rispetto al *piano diametrale* della nave di un angolo α, il cui momento rispetto al centro di gravità della nave produce il cambiamento di direzione della nave.



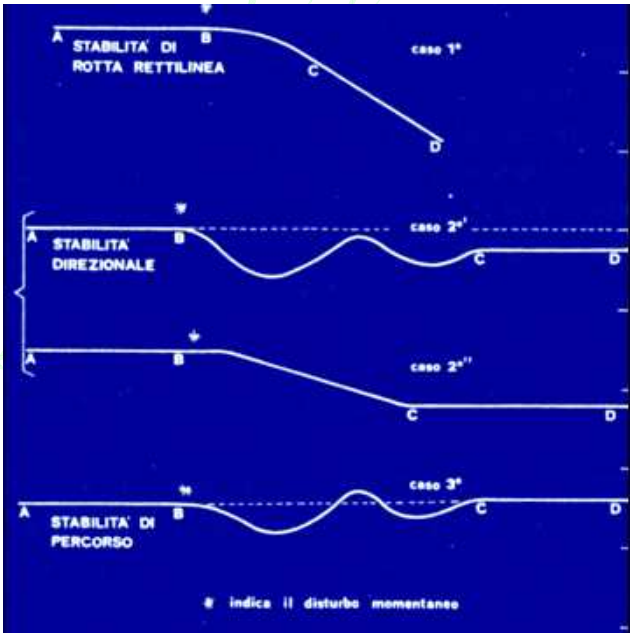
Analisi degli effetti del timone alla banda

Le qualità di governo si definiscono come: *stabilità di rotta, manovrabilità* e *abilità evolutiva.*

La *stabilità di rotta (course keeping ability),* che indica la facilità con la quale è possibile governare la nave mantenendola su Rotta rettilinea.

La *manovrabilità (manoeuverability)* è la capacità più o meno accentuata che una nave ha di *rispondere* all'azione dei *mezzi di controllo,* che possono tendere a farle cambiare direzione dal moto rettilineo o a ripristinare la rotta prefissata, se una causa qualsiasi di disturbo l'abbia variata.

L'*abilità evolutiva (turning ability)* è la capacità della nave ad *invertire la direzione* e di *evoluire* in specchi d'*acqua ristretti.*



Tre diversi tipi di stabilità di rotta:

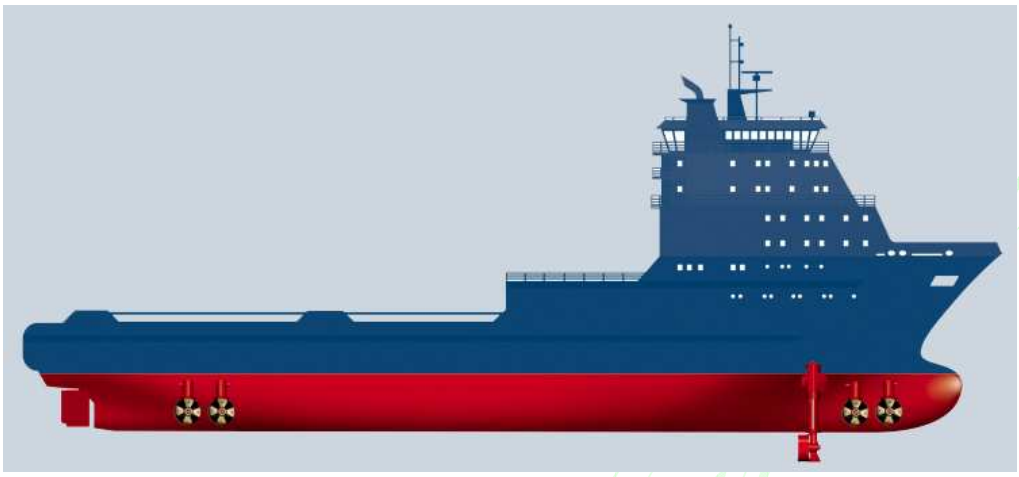
caso 1° - stabilità di rotta rettilinea, al disturbo la nave devia e al cessare della causa riprende un percorso rettilineo diverso.

caso 2° - stabilità direzionale, al cessare della causa la nave riprende un percorso rettilineo diverso ma parallelo al primitivo.

caso 3° - stabilità di percorso, al cessare della causa la nave riprende lo stesso percorso iniziale.

Le qualità *manovriere* o *evolutive* della nave dipendono:

1. dalle sue caratteristiche architettoniche;
2. dal tipo e dimensioni dell'organo di governo e potenza della macchina per la sua manovra;
3. dalle forze di cui la nave dispone (numero delle eliche di propulsione, dalla potenza e numero delle eliche direzionali trasversali - *bow thruster, stern thruster*- timoni attivi, propulsori cicloidali).



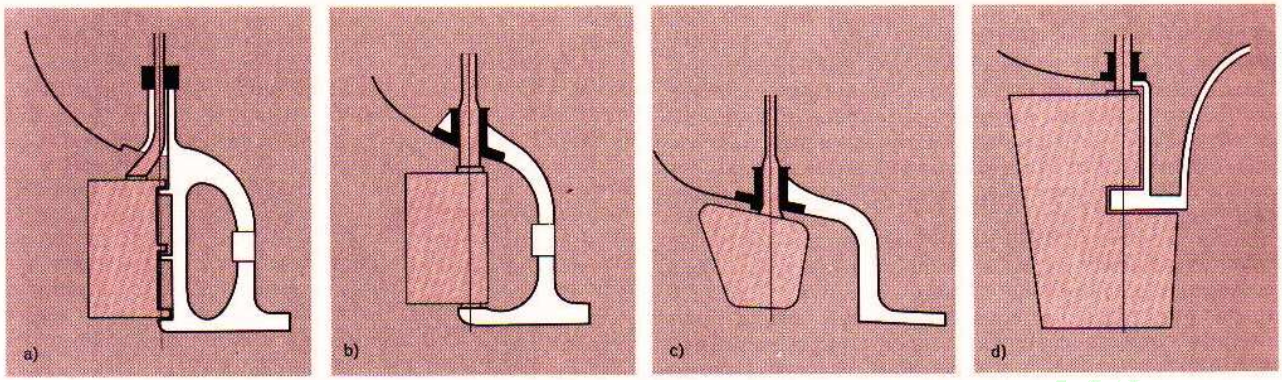
Per le navi più grandi, la manovrabilità è ottenuta attraverso sistemi di propulsione e propulsori trasversali prodieri e poppieri (bow-thruster , stern-thruster).

"Oasis of the Seas" – Bow thrusters

Tipi di timoni

Esistono molti tipi di timoni. Per quanto riguarda la *forma,* ossia la proiezione sul piano diametrale, i timoni possono essere *rettangolari, trapezoidali, curvilinei.* Per quanto riguarda la posizione dell'*asse di rotazione,* l'*area* investita dal fluido può essere tutta a *poppavia* di tale asse e allora si parla di *timone ordinario* o *non compensato,* oppure distribuita in *parte a poppa* e in *parte a prora* dell'asse, ed allora si parla di *timone compensato* oppure di *timone semicompensato* a seconda che l'area a proravia dell'asse si estenda per tutta l'altezza del timone o solo per parte di tale altezza.

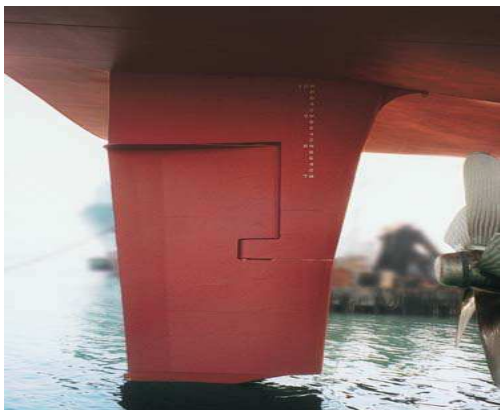
Il rapporto tra l'area a proravia dell'asse e l'area totale del timone si chiama *grado di compensazione.* Il valore di tale rapporto si aggira normalmente intorno a *0,28.* Il timone viene in genere compensato, almeno in parte, per ridurre il *momento torcente* che deve fornire la *macchina del timone.*



Principali tipi di timone. Nei primi due schemi sono raffigurati timoni semplici non compensati.
a) La pala ruota attorno all'asse determinato dagli agugliotti (cardini) rotanti nelle femminelle (ghiere) fissate al dritto di poppa (o del timone) che chiude la gabbia dell'elica.
b) Tipo Simplex, la pala è attraversata dall'asse che, infilato in alto nella losca e appoggiato in basso al calcagnolo, funziona da albero di rotazione e da dritto del timone.
c) Timone a vanga compensato, sospeso all'asse, usato sulle navi militari (sotto la poppa con buona immersione per ragioni di protezione); le eliche sono laterali.
d) Timone compensato di impiego diffuso su navi mercantili.

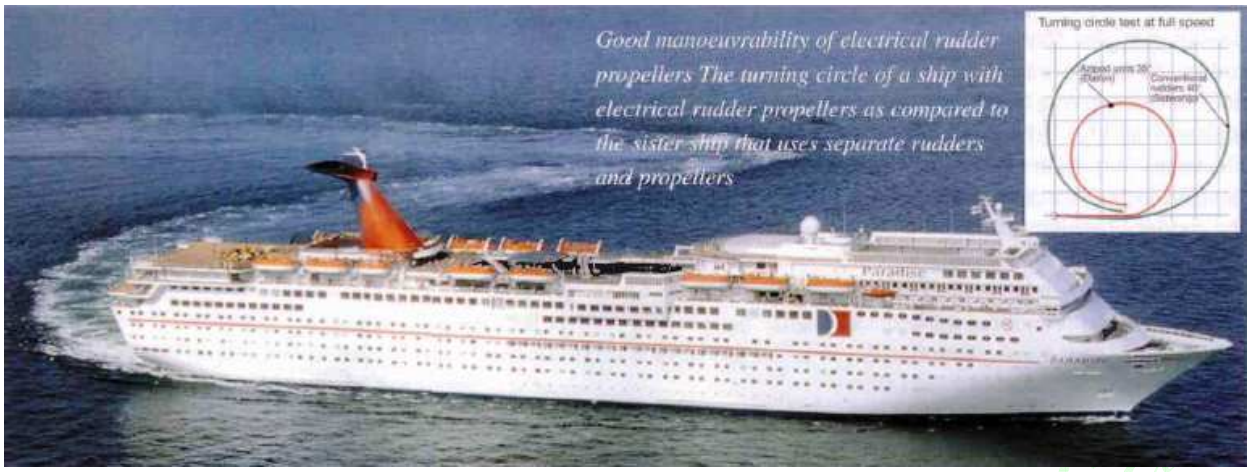
Dal punto di vista costruttivo i timoni sono a doppia lamiera, sagomati secondo profilo alare con telaio fuso o saldato.
Per quanto riguarda i *collegamenti strutturali* dei timoni allo scafo, si possono avere dei collegamenti soltanto in corrispondenza della *barra,* ed allora si parla di *timoni sospesi,* oppure i timoni possono essere collegati per mezzo di uno o più *perni (agugliotti)* ad apposite appendici, ed allora si chiamano *timoni appoggiati.*

Timone-flap



Timone con pinna di sostegno

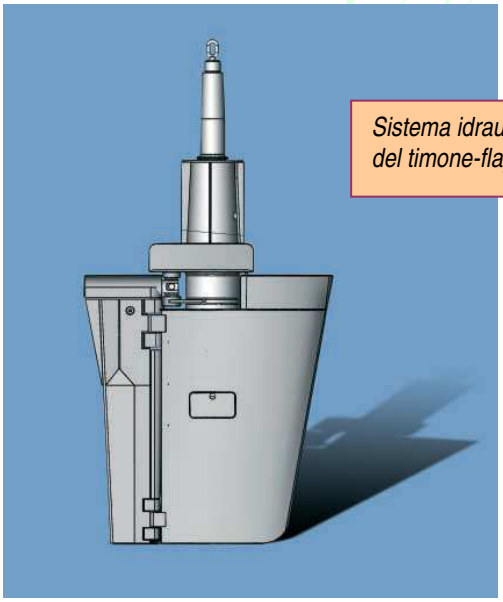
La *collocazione* del timone sulla carena, in senso longitudinale può essere distanziato da essa, oppure dietro un *dritto del timone,* o tutto o in parte in *prosecuzione* della carena o di una struttura di avviamento e di sostentamento fissa allo scafo.
L'azione del timone si manifesta solamente quando la *nave è in moto.*
Per poter evoluire la nave da *ferma,* o migliorare le qualità evolutive a *lento moto* (nei porti o in bacini ristretti) sono stati adottati i *timoni attivi,* o la sistemazione di un'*elica intubata* in un recesso trasversale all'estrema prora *(bow-thruster)* e a poppa *(stern-thruster).*



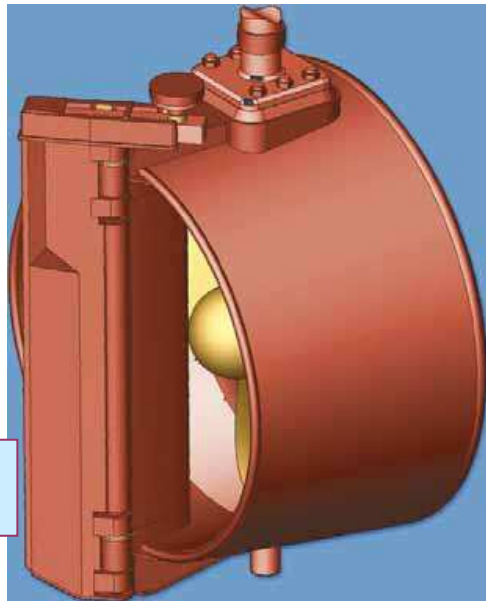
Nel riquadro: curva di evoluzione (azzurra, M/S PARADISE) con timoni ed eliche separate; curva di evoluzione (rossa, M/S ELATION) con eliche-timone elettrici (azipod).

M/S "Radiance of the Seas" - 2 x 19,5 MW - *Propulsori Azipod*

Propulsori Azipod contro-rotanti per navi veloci

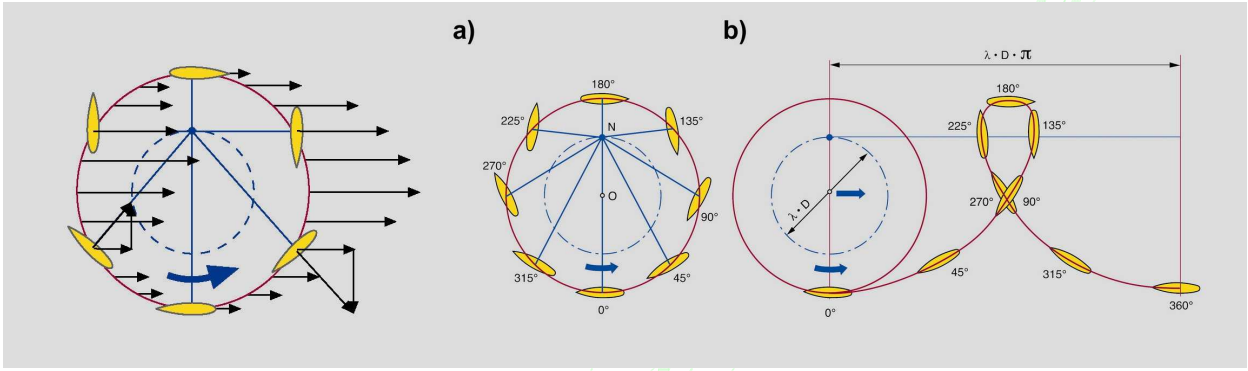


Sistema idraulico del timone-flap



Timone-mantello Kort

Propulsori Voith-Shneider



Un particolare sistema di propulsione costituito da una ruota posta orizzontalmente sotto la nave, denominata "elica cicloidale", fu introdotto nel 1928. Consiste in una piattaforma circolare sistemata sotto il fondo dello scafo a paro con il fasciame; tale disco porta una serie di pale verticali distribuite lungo la periferia.
La piattaforma ruota sull'asse verticale passante per il suo centro e alle palette può essere fatta assumere un'angolazione variabile con continuità durante un giro completo. In relazione a tale incidenza delle palette nell'acqua la spinta del propulsore può essere diretta in avanti, all'indietro o lateralmente, con una eccezionale adattabilità e manovrabilità alle basse velocità della nave.

La manovra del timone: descrizione dei vari organi di governo

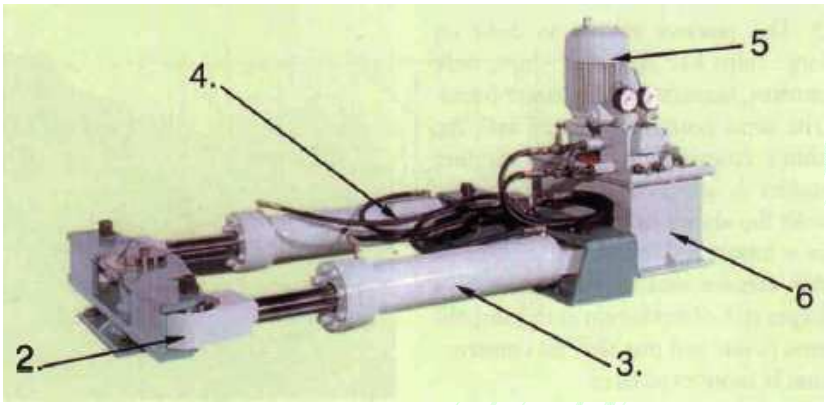
Per portare il timone alla banda e per mantenerlo, occorre esercitare sull'asse del timone il *momento torcente* necessario.
Tale momento lo si esercita per mezzo di varie apparecchiature che, nel loro insieme, prendono il nome di *timoneria.*
Queste apparecchiature sono, in sintesi:

- un *motore* che utilizza una certa forma di energia disponibile a bordo e che la trasforma in energia meccanica: esso prende il nome di *servomotore;*
- un meccanismo che trasforma l'energia meccanica prodotta dal servomotore in movimento di rotazione dell'asse del timone e che si chiama *agghiaccio;*
- un meccanismo che serve a controllare il timone a distanza, cioè il *telecomando.*

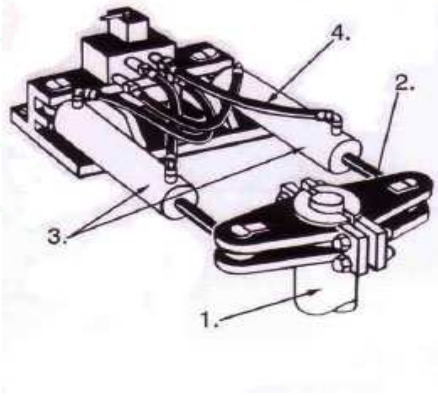
Questa catena di apparecchiature deve essere capace di:

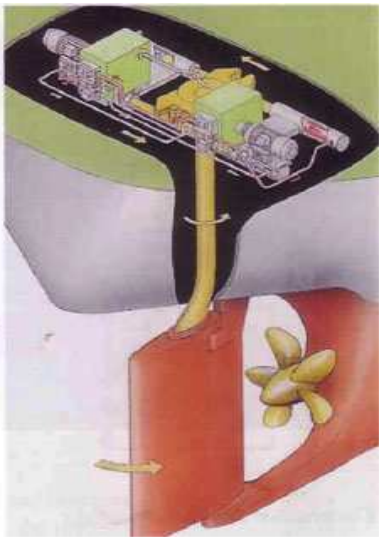
- fornire all'asse del timone il *momento torcente* necessario per tenerlo alla banda;
- portare il timone da banda a banda in un determinato tempo (normalmente circa 30 sec.);
- arrestare il moto di rotazione del timone una volta raggiunto l'angolo di barra desiderato.

Oggi vengono impiegate comunemente *timonerie elettroidrauliche,* in cui il servomotore è costituito da una (o due per motivi di sicurezza) *pompa a portata variabile* e mandata invertibile, *l'agghiaccio* da due o quattro *torchi idraulici* oppure da un motore rotante, oscillante, cosiddetto *a palmole, e* l'asservimento da una opportuna *catena elettromeccanica.*
In caso di necessità l'ordine di barra può essere trasmesso anche dalla *stazione di governo ausiliaria,* in genere sistemata in una sovrastruttura poppiera, che trasmette idraulicamente (talvolta meccanicamente) il comando alla *stazione di governo di emergenza di poppa,* sistemata nel locale a proravia dell'agghiaccio.

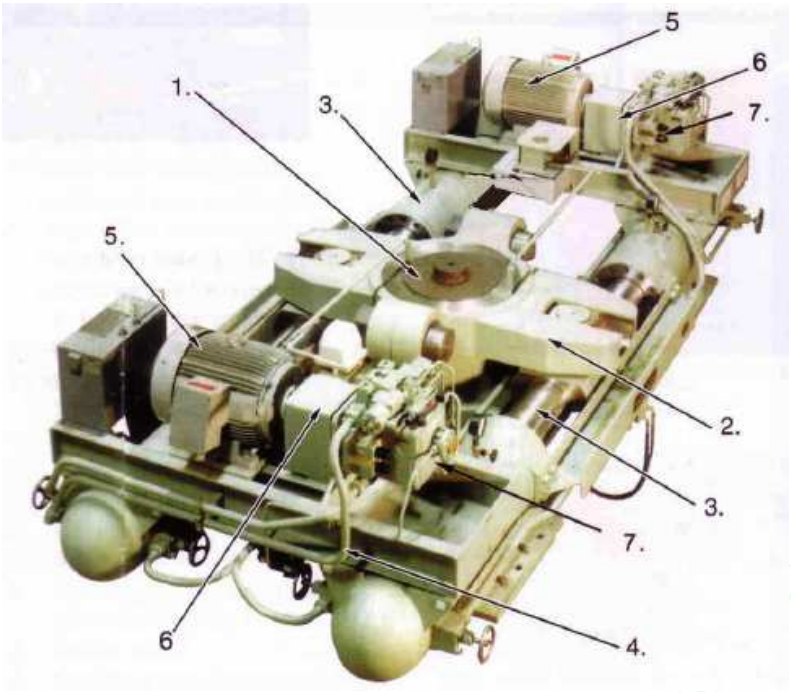


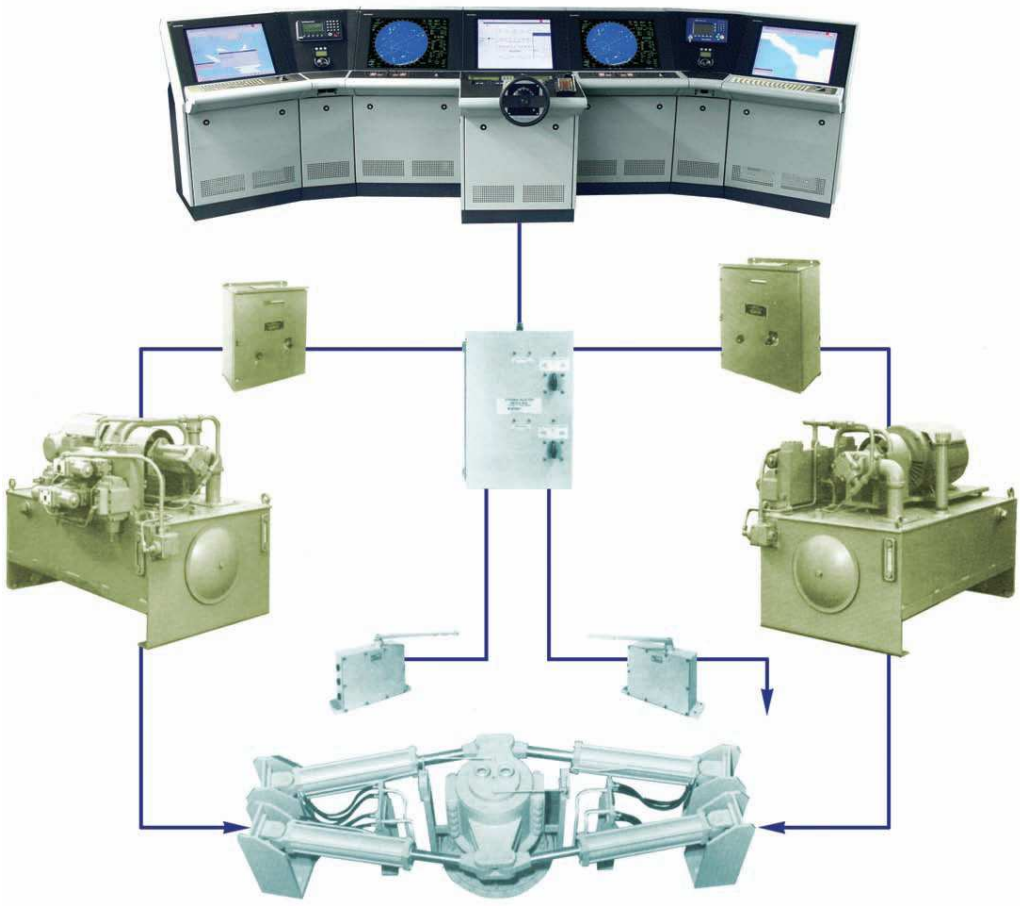
Attualmente tutte le macchine del timone prevedono mezzi di azionamento idraulici, mediante i quali uno o più stantuffi, a semplice o a doppio effetto, provocano la rotazione dell'asta del timone attraverso la relativa barra.
Tali mezzi idraulici di azionamento del timone sono comandati attraverso dispositivi di asservimento elettromeccanico, con manovra elettrica e con dispositivi di asservimento meccanico.





Mezzi idraulici di azionamento del timone
1) asse del timone; 2) barra del timone; 3) cilindri-pistoni; 4) linee idrauliche; 5) elettromotore; 6) protezione accoppiamento tra elettromotore e unità idraulica di potenza; 7) pompa con serbatoio di olio (unità di potenza).





SPERRY MARINE INTEGRATED BRIDGE SYSTEM. Sistemazione per la manovra del timone con cilindri idraulici

Caratteristiche evolutive

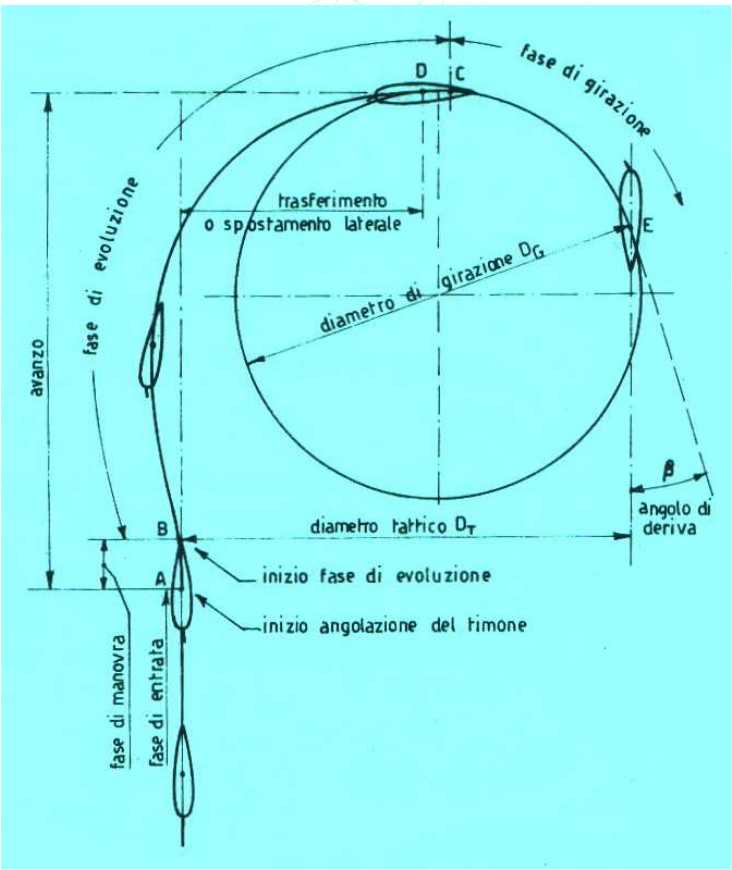
Il timone è l'organo atto a modificare o a conservare alla nave, durante il suo moto, una direzione stabilita. Esso è costituito idealmente da una lastra piana che può ruotare attorno ad un asse, in modo da potersi disporre obliquamente rispetto al piano di simmetria della nave. Se detta lastra viene inclinata quando la nave è in movimento, viene ad agire su di essa una forza idrodinamica *Pn* .

In seguito all'impiego del timone, la nave descrive una *traiettoria curva*, nota come *curva di evoluzione,* rilevabile sperimentalmente attraverso la *prova di evoluzione.* L'evoluzione si svolge secondo *quattro* sequenze caratteristiche cinematiche diverse. Tali sequenze sono:

- *Fase di entrata. L*a nave avanza su una rotta rettilinea a regime costante di giri delle eliche. L'andamento rettilineo deve essere mantenuto intervenendo sul timone con prontezza e sensibilità, in modo da poter mantenere la rotta con angolazioni minime del timone.
La fase di entrata dura per un tempo sufficiente ad assicurare che la velocità sia uniforme.

- *Fase di manovra.* Comincia punto A, nell'istante nel quale il timone inizia la sua rotazione e dura per tutto il tempo in cui l'angolo di prora rimane invariato.
Si può affermare che questo tempo coincide con quello necessario per portare il timone all'angolo di barra fissato. In questa fase la nave si sposta lateralmente, ma il movimento evolutivo esercitato dal timone non ha ancora raggiunto un valore tale da far acquistare alla nave una velociti angolare.

- *Fase di evoluzione*. In questa fase che si inizia nel punto B, la nave sotto l'azione delle forze esterne (forza sviluppata dal timone F, risultante delle forze idrodinamiche agenti sulla carena W, spinta delle eliche S) e delle forze interne (forza centrifuga F_c e forze d'inerzia longitudinali F_{iL} e trasversali F_{iT}), compie un percorso *a spirale* con centro di istantanea rotazione O variabile nel tempo e *raggio di curvatura RG* della traiettoria sempre più piccolo.

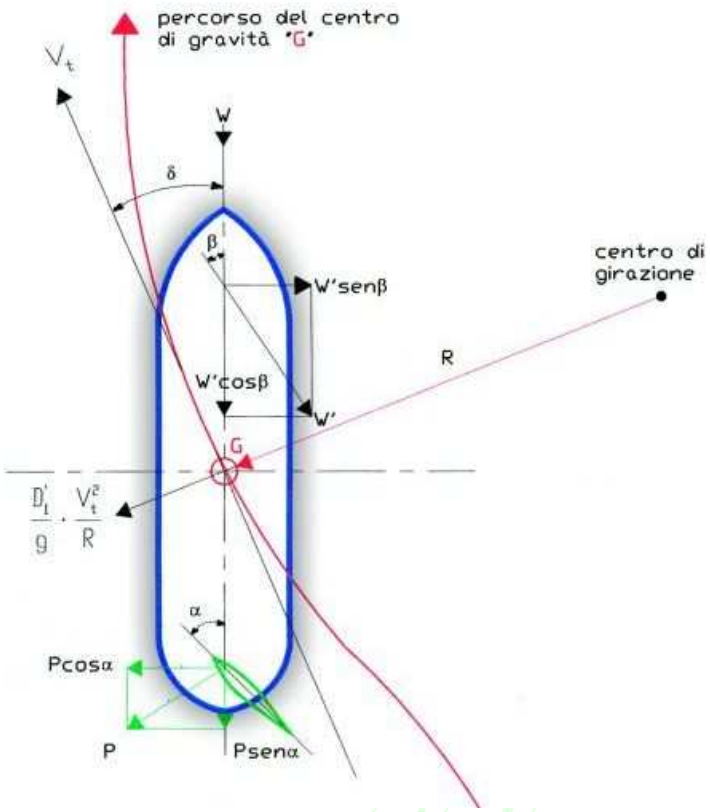


Schema delle diverse fasi della rotazione della nave (curva di evoluzione)

Sotto l'azione delle forze citate, rappresentate schematicamente nella figura, la nave si orienta in modo da realizzare spontaneamente una nuova condizione di *equilibrio dinamico* alla traslazione laterale, alla rotazione intorno all'asse verticale baricentrico e all'*avanzo* (la nave riduce la sua velocità, misurata lungo la traiettoria, in conseguenza della sua aumentata resistenza al moto).

- *Fase di girazione.* Raggiunta la nuova condizione di equilibrio (punto C), la nave prosegue la sua corsa con moto *circolare uniforme* (se rimangono costanti i parametri che determinano le forze esterne, come i giri dell'elica e l'angolo di barra) .

Per il Comandante di una nave è utile, ai fini operativi conoscere il percorso descritto dalla nave, o meglio dal suo baricentro. Tale percorso si chiama *curva di evoluzione.*
La distanza, misurata nella direzione della rotta iniziale, tra il punto di inizio della manovra *(punto A)* e il punto in cui la rotta è cambiata di 90° *(punto D),* si chiama *avanzo,* mentre la distanza tra gli stessi due punti, misurata in senso perpendicolare alla direzione della rotta iniziale, si chiama *trasferimento* o *spostamento laterale per 90°.*
La distanza, sempre in senso perpendicolare alla rotta iniziale ed il punto nel quale la rotta è cambiata di 180° *(punto E)* si chiama *diametro tattico* o *diametro di evoluzione,* mentre il diametro del cerchio descritto dalla nave una volta che l'evoluzione si è stabilizzata, si chiama *diametro di girazione.*
In genere la nave non si dispone con *piano di simmetria* tangente alla traiettoria descritta dal baricentro, ma inclina la prora verso l'interno di un certo angolo, detto *angolo di deriva.*
Tale piano di simmetria e invece tangente alla traiettoria di un punto P situato verso prora rispetto al baricentro e che si chiama *punto giratorio;* la sua posizione si sposta di poco al variare della velocità e dell'angolo di barra. Esso si trova all'incirca ad *1/5 della lunghezza nave,* verso poppa rispetto alla *perpendicolare avanti.*
In corrispondenza del punto giratorio non vi è *deriva.* Questo significa che in detto punto la velocità istantanea è sempre rivolta nella direzione del piano di simmetria e quindi è molto più agevole apprezzare il moto della nave per un osservatore ivi posto. Proprio per questo motivo, in genere, si cerca di sistemare la plancia in vicinanza del punto giratorio.
Per chiarire intuitivamente il fatto che dalla forza *Pn* generata dal timone nasca l'evoluzione della nave basta supporre di applicare al baricentro della nave *due forze* uguali e contrarie tra loro, uguali in intensità e direzione alla forza *Pn* generata dal timone. In tal modo il sistema di forze rimane invariato e si vede facilmente che le forze *Pn* ed *P"n,* fanno nascere il momento di evoluzione $M = Pn \bullet b$, mentre *P'n*, si può scomporre nella portanza *Pt*, che provoca lo scarroccio verso l'esterno della nave, e nella resistenza *Pl*, che ne provoca invece il rallentamento.



Forze agenti sulla nave e traiettoria descritta dal baricentro durante la seconda fase di evoluzione

La componente longitudinale della forza P, generata dal timone, Psenα , agisce nella stessa direzione della resistenza della nave e, quindi, ne ritarda la velocità. La componente trasversale, Pcosα , dà alla nave un moto trasversale e provoca anche una coppia che deve vincere il momento d'inerzia di massa della nave. Nei primi momenti predomina la forza Psenα , che fa derivare la nave a sinistra se si dà barra a dritta, senza alcuna apprezzabile rotazione attorno all'asse verticale.

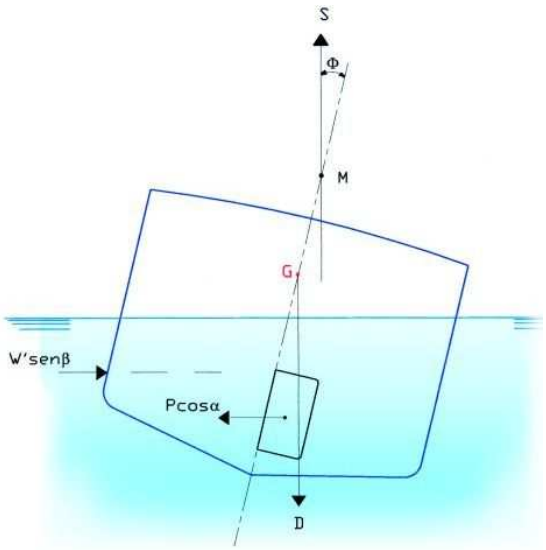
Nella seconda fase, in conseguenza dello spostamento trasversale, che avviene nella prima fase, e dell'inizio della rotazione, la resistenza W all'avanzamento della nave, originariamente agente nel piano longitudinale di simmetria, gradualmente si trasforma in una resistenza W' che agisce ad un angolo β rispetto al piano longitudinale di simmetria, sul lato sinistro se il timone ha barra a dritta. La componente longitudinale W'co β , insieme alla forza Psenα , ritarda il moto della nave, e la componente trasversale W'senβ contrasta la forza Pcosα , cosicché la deriva a sinistra, che si ha nella prima fase, cessa. Ora la nave segue una traiettoria curva, il cui raggio di curvatura diminuisce con l'aumentare della velocità angolare.

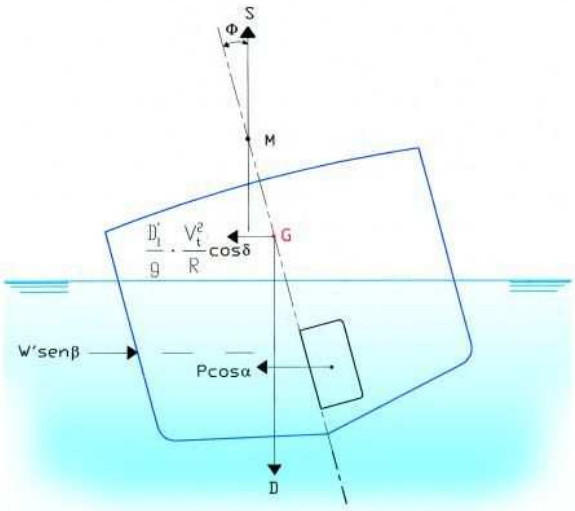
Poiché la forza W' agisce su un punto compreso fra il centro di gravità G e la prora, la nave avanza con la prora verso l'interno e la poppa all'esterno della traiettoria descritta dal centro di gravità.

Nell'evoluzione la nave assume delle *inclinazioni trasversali* e *longitudinali* che dipendono dalla posizione relativa dei punti di applicazione delle varie forze (esterne ed interne).

L'*inclinazione longitudinale* è tale da appruare la nave, ma normalmente è di piccola entità e per le grandi navi praticamente trascurabile.

Invece non è trascurabile l'*abbattimento trasversale* che in genere è diretto verso *l'interno* della curva di evoluzione *nella fase di manovra* e si chiama *sbandamento del saluto* ed è diretto verso l'*esterno* della curva di evoluzione *nella fase a regime* e si chiama *sbandamento di evoluzione.*





1 - Forze agenti sulla nave durante la prima fase *2 - Effetti sulla nave durante la seconda fase*

1 - Nella prima fase le forze trasversali agenti sono la componente della forza generata dal timone Pcosα e la componente della resistenza W'senβ . Poiché W'senβ è piccola all'inizio dell'evoluzione, Pcosα causa lo sbandamento verso dritta quando si mette la barra a dritta e viceversa. La forza W'senβ aumenta allora gradatamente e lo sbandamento diminuisce lentamente.

2 - Non appena la nave inizia a evoluire nella seconda fase, entra in gioco la forza centrifuga (D'/g) (Vt²/R)cosδ (δ = angolo di deriva). In conseguenza la nave tenderà a sbandare sulla sinistra se nella prima fase è stata messa la barra a dritta e viceversa. L'angolo di sbandamento Φ maggiore si raggiunge immediatamente dopo il cambiamento di sbandamento da dritta a sinistra, poiché, a causa della sua inerzia di massa, la nave sbanda al di là della sua posizione di equilibrio statico. In questa condizione, se il timone fosse riportato al centro, la forza del timone Pcosα scomparirebbe e non contrasterebbe la forza W'senβ, per cui lo sbandamento a sinistra diverrebbe maggiore.

Prove di manovrabilità di due mezzi navali con propulsori ad idrogetto KAMEWA

MANOVRE IN PORTO

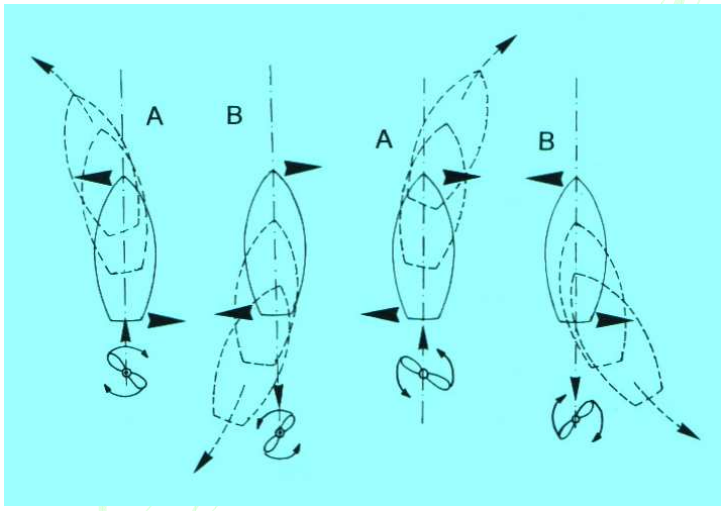
Fattori che condizionano le manovre

I fattori che bisogna considerare nelle manovre possono essere di tre tipi:

1. *Forze sotto il controllo diretto del Pilota* (tipo di motore, numero di eliche e sue caratteristiche, effetto ordinario del timone, effetto eventuale dell'ancora, effetto dei cavi di ormeggio);
2. *Forze sotto il controllo indiretto del Pilota* (inerzia della nave, distanza di arresto, raggio di evoluzione, resistenza al moto in acque ristrette);
3. *Forze che non dipendono dal Pilota* (vento, corrente).

Effetti evolutivi dell'elica

Durante il suo funzionamento l'elica, oltre a generare la spinta necessaria al moto, produce una forza laterale *(transverse thrust)* applicata alla poppa. Tale *forza laterale* tende a trascinare la poppa nella direzione del movimento rotatorio delle *pale superiori,* quindi con *elica destrorsa* a *dritta* e con *elica sinistrorsa* a *sinistra;* a marcia indietro gli effetti sono invertiti.

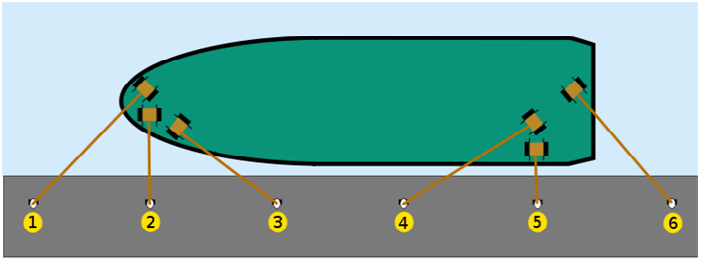


Elica destrorsa a marcia avanti (A) e a marcia indietro (B) - Elica sinistrorsa a marcia avanti (A) e a marcia indietro (B)

La nave ormeggiata in porto

La nave ormeggiata con un fianco parallelo alla banchina si dice *attraccata,* quando è disposta con la poppa rivolta verso la banchina si dice *in andana.*

Nel primo caso la nave è assicurata generalmente con *6 ÷ 8 cavi* ; nel secondo caso è necessario dare fondo ad una o due ancore per evitare le oscillazioni della prora.

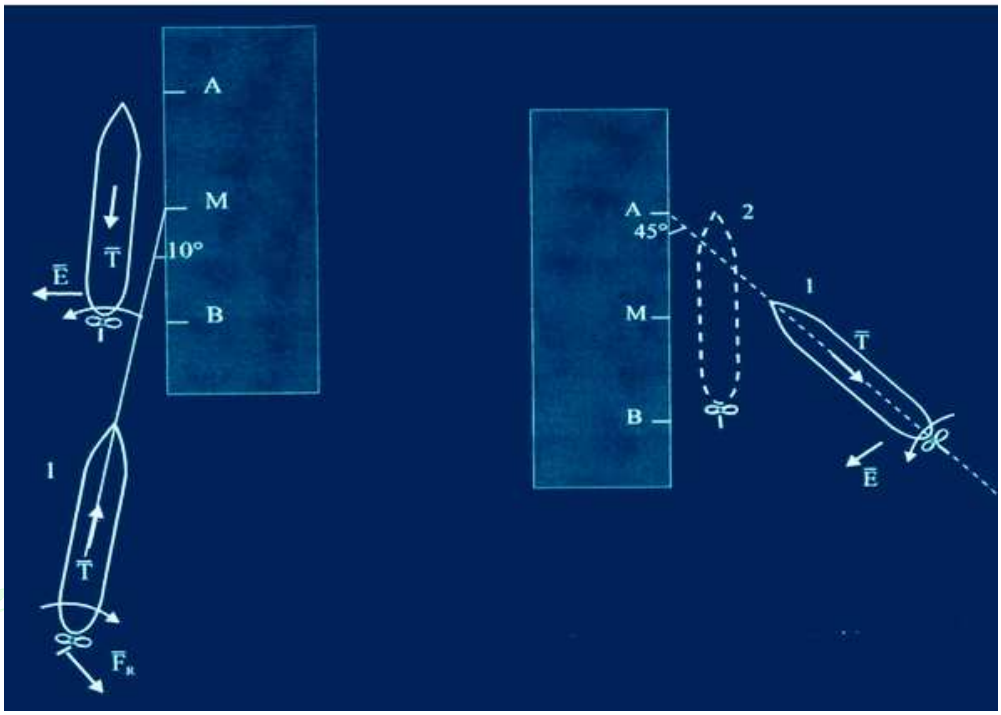


1-6) cavi prodieri-poppieri; 2-5) traversini; 3-4) springs prodieri-poppieri

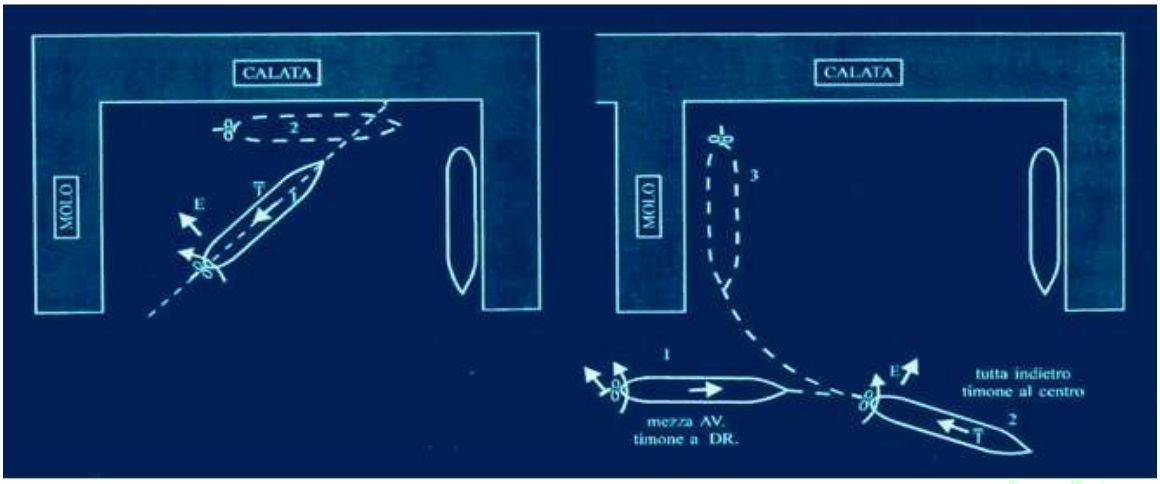
1) cavi prodieri, head lines – 2) springs

Manovre tipiche in assenza di vento

Attracco con il fianco destro – Volendo ormeggiare lungo il tratto AB con il fianco destro conviene dirigere la prora verso il punto medio M con la minima incidenza, circa *10° ÷ 15°* . In prossimità del molo (posizione 1), con il timone tutto a sinistra si cerca di raddrizzare la nave; successivamente si mettono le macchine a marcia indietro per frenare l'abbrivio.



Attracco con il fianco sinistro – Questa manovra è facilitata in quanto, nell'istante in cui si mettono le macchine indietro per fermare la nave, l'effetto evolutivo produce una rotazione che spinge la poppa verso il molo. Per tale motivo l'angolo di incidenza dovrà essere piuttosto grande, circa 40° ÷ 50°, e la prora dovrà dirigere sul punto A.

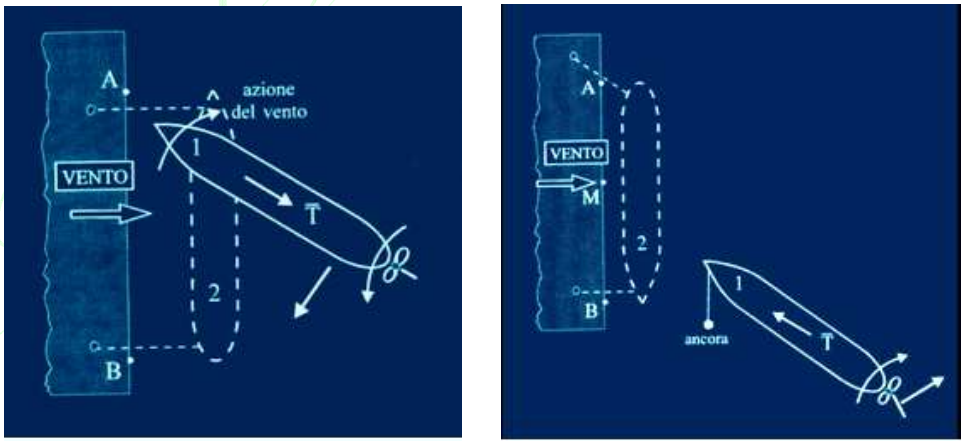


L'attracco ad una calata poco più lunga della nave, dovendo effettuarsi con una grande incidenza, si può realizzare solo con un fianco sinistro.

Avvicinarsi con la poppa – Quando si decide do entrare in una darsena con la poppa (a marcia indietro), conviene ormeggiare con il fianco destro. In tal caso, con il solo effetto evolutivo si riesce a girare la nave disponendola parallela al molo.

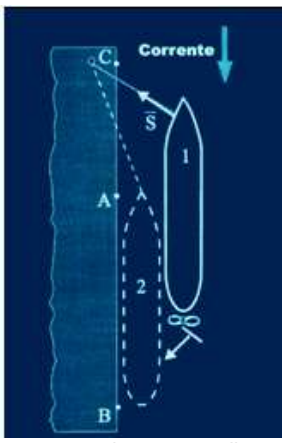
Manovre tipiche in presenza di vento (o di corrente)

Vento che spira perpendicolare alla banchina – Se il vento spira verso il mare, esso sarà preso a mascone dirigendo verso il punto *A* con un'incidenza di circa *50°.* Per ormeggiare con il *fianco sinistro,* conviene portare la prora molto vicina alla banchina, quindi, con macchina indietro si smorza l'abbrivo e si fa accostare la *poppa a sinistra,* in ciò aiutati dall'effetto evolutivo e dall'azione del vento che tende a traversare la nave.
In questa manovra bisogna subito assicurare due cavi a terra, uno prodiero e l'altro poppiero, per evitare che il vento allontani la nave dalla banchina.

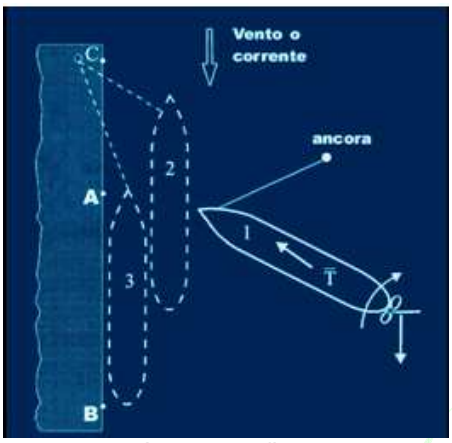


Per ormeggiare col *fianco destro,* si dirige con la stessa incidenza verso il punto M. Quando la prora è a circa 70 m dalla banchina si affonda l'ancora di sopravento con due lunghezze di catena (circa 50 m.). Girando sull'ancora la nave si troverà parallela alla banchina ad una distanza di circa *20 metri.* Anche in questo caso bisogna assicurare i cavi a terra con sollecitudine.
Il vento che spira verso terra facilita l'accostamento della nave, ma, per evitare che questa urti contro la banchina, è necessario affondare l'ancora sopravento.

Vento o corrente che spirano parallelamente alla banchina – In questo caso conviene sempre prendere il vento di prora, cercando di vincolare quest'ultima ad un cavo fissato in un punto C sopravento ad A.



Attracco con la corrente di prora

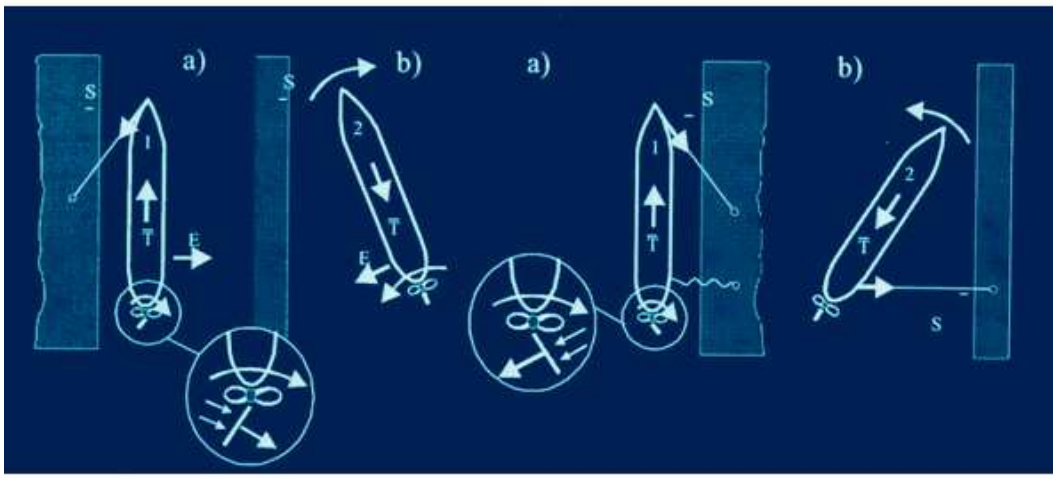


Attracco con l'ancora

La nave, trasportata nel letto del vento, accosterà automaticamente alla banchina. In presenza di una corrente si può sfruttare convenientemente l'effetto che essa produce sul timone.
Se il vento o la corrente sono di forte intensità, oppure quando si è costretti ad avvicinarsi con una grande incidenza, sarà utile dare fondo l'ancora foranea per frenare l'abbattuta della prora. L'accostamento alla banchina sarà ottenuto girando sull'ancora.

Disormeggio

La manovra di *disormeggio* è certamente più semplice dell'attracco, e consiste inizialmente nel recuperare a bordo quasi tutti i cavi, lasciando la nave solamente con uno *spring* e/o un *traversino;* si mette lo *spring* in forza con macchina avanti e timone dal lato della banchina.
L'effetto evolutivo e la forza prodotta dalla corrente di scarico dell'elica sul timone allontaneranno la poppa dalla banchina. Successivamente si recupera lo *spring,* si mette il timone in mezzo e si inverte il senso di marcia dell'elica (b - fianco sinistro).



La nave indietreggerà e, accostando con la prora a dritta per effetto evolutivo dell'elica, si allontanerà totalmente dalla banchina.

Se la nave si trova *ormeggiata con il lato dritto*, il disormeggio si effettua operando sullo *spring prodiero* e sul *traversino poppiero;* allascando questo ultimo, si porta la poppa all'infuori come nel caso precedente (a). Successivamente, con macchina ferma e timone in mezzo, si lascia andare in forza il *traversino,* si molla lo *spring* e si mettono e macchine a marcia indietro (b). La tensione sul traversino, richiamando la poppa alla banchina, farà girare la prora all'infuori.

Durante le manovre di ormeggio e disormeggio bisogna evitare di tenere l'elica in movimento quando i cavi poppieri sono a mare.
Si ricorda, infine, che molto spesso si può allontanare la nave dalla banchina mettendo l'elica in marcia AD e sfruttando la spinta trasversale esercitata sulla carena dall'acqua che l'elica riversa nello spazio fra la banchina e lo scafo.

P. Di Carolia

SCIENZE DELLA NAVIGAZIONE E TECNOLOGIE NAVALI 1-II
(STRUTTURA E COSTRUZIONE NAVALE)

INDICE

PREFAZIONE ..... Pag 2

SISTEMI DI TRASPORTO E TECNOLOGIE DELLA NAVE

COMPETENZA IN ESITO N. 1 *Identificare, descrivere e comparare tipologie e funzioni dei vari mezzi e sistemi di trasporto.* ..... Pag 4

L'innovazione tecnologica nei trasporti ..... » 5
Classificazione dei trasporti delle merci ..... » 6
I diversi sistemi di trasporto ..... » 7
Containerizzazione delle merci ..... » 11
Palettizzazione delle merci ..... » 14
Trasporti intermodali ..... » 15
Autoporti e interporti ..... » 16

I PORTI ..... » 18
Generalità ..... » 18
Classificazione ..... » 18
Opere esterne ..... » 19
Disposizioni interne dei porti ..... » 23

LA NAVE ..... » 25
Introduzione ..... » 25
Qualità Essenziali e Nautiche ..... » 25
Suddivisione dello scafo ..... » 26
I movimenti della nave ..... » 28
Classificazione ..... » 29

TIPI DI NAVI ..... » 30
Navi mercantili ..... » 30
Navi speciali ..... » 41

LA PROPULSIONE NAVALE ..... » 45
Resistenze al moto ..... » 45
Tipi di propulsori navali ..... » 45
Tipi di apparati motori ..... » 51
Riduttori - La linea d'assi - Giunti ..... » 56
Apparati motori combinati ..... » 57

STRUTTURA E COSTRUZIONE DELLA NAVE

COMPETENZA IN ESITO N. 3 *Gestire la logistica del mezzo navale (gestire in modo appropriato gli spazi a bordo e organizzare i servizi di carico e scarico, di sistemazione delle merci e dei passeggeri)* ..... » 62

I sistemi di costruzione della nave ..... » 63
Strutture navali ..... » 64
Elementi costruttivi della nave ..... » 69
Suddivisione interna dello scafo ..... » 72
Materiali per la costruzione dello scafo ..... » 78
Piani generali di navi moderne ..... » 79
Sezioni di navi mercantili ..... » 86
La sicurezza marittima ..... » 90
La sicurezza della nave ..... » 91
Enti di classificazione delle navi ..... » 96
Il Bordo Libero ..... » 98
Dislocamento - Portata - Stazza ..... » 100
Il governo della nave ..... » 102
Manovre in porto ..... » 113