



POLITECNICO DI MILANO  
Scuola di Architettura e Società  
Corso di Laurea Magistrale in Architettura

Anno accademico 2012/2013

# PROGETTO DI UN'IMBARCAZIONE PER IL RECUPERO E LA SALVAGUARDIA DELL'ARCHEOLOGIA SOMMERSA

Tesi di Laurea di:

**Lisa Loi**

**matricola n. 766977**

Relatore:

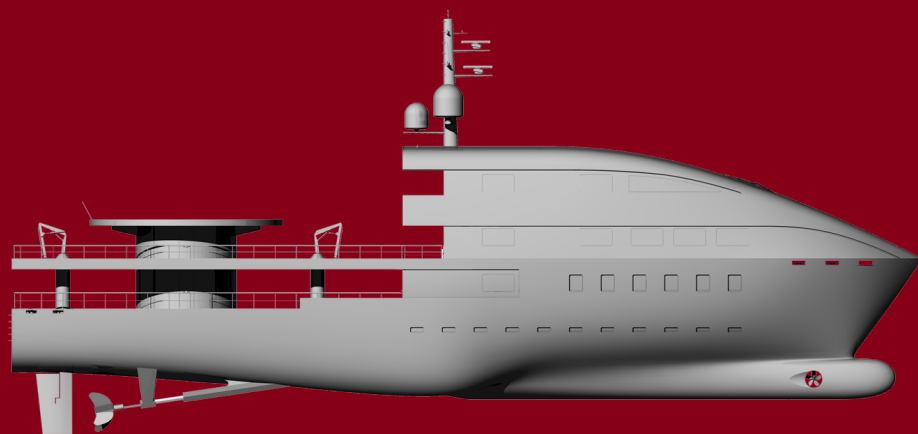
**prof. Pier Federico Caliarì**

Correlatore:

**arch. Paolo Conforti**



ABSTRACT	5
PARTE I. YACHT DESIGN	
1. Nascita e sviluppo delle imbarcazioni, tipologie e classificazioni	
1.1. Storia delle imbarcazioni	7
1.2. Tipologie navali	10
1.3. Motor-yacht	10
SCHEDA: Tipologie di motor-yacht	12
2. Composizione e comportamenti del solido galleggiante	
2.1. Le strutture	13
SCHEDA: Carena FER.WEY	17
2.2. Comportamento e moti dell'imbarcazione	18
2.3. Piano di costruzione	20
2.4. Scelta dei materiali	22
2.5. Soluzioni strutturali	23
2.6. Sistemi propulsivi	26
SCHEDA: Stabilizzatore dinamico MC2	28
3. Le navi da ricerca	
3.1. Tipologie e caratteristiche delle navi da ricerca	29
SCHEDA: Caso studio I - André Malraux	32
SCHEDA: Caso studio II - Universitatis	33
PARTE II. ARCHEOLOGIA SOMMERSA	
1. Definizione di archeologia sommersa	34
2. Nascita dell'archeologia subacquea	35
3. L'ambiente marino e la conservazione del materiale subacqueo	36
4. Il cantiere in mare e a terra	38
SCHEDA: Fasi dell'archeologia sommersa	42
5. La convenzione sulla protezione del patrimonio culturale subacqueo	44
SCHEDA: Testo della convenzione sulla protezione del patrimonio culturale subacqueo	46
PARTE III. PROGETTO DI UN'IMBARCAZIONE PER L'ARCHEOLOGIA SOMMERSA	
1. Considerazioni	62
SCHEDA: Scheda tecnica	63
2. Il progetto	
2.1. Le geometrie	64
2.2. L'esterno	67
2.3. L'interno	76
CONCLUSIONI	99
GLOSSARIO DEI TERMINI MARINARESCHI	100
BIBLIOGRAFIA	106
SITOGRAFIA	107
ELENCO ILLUSTRAZIONI	108

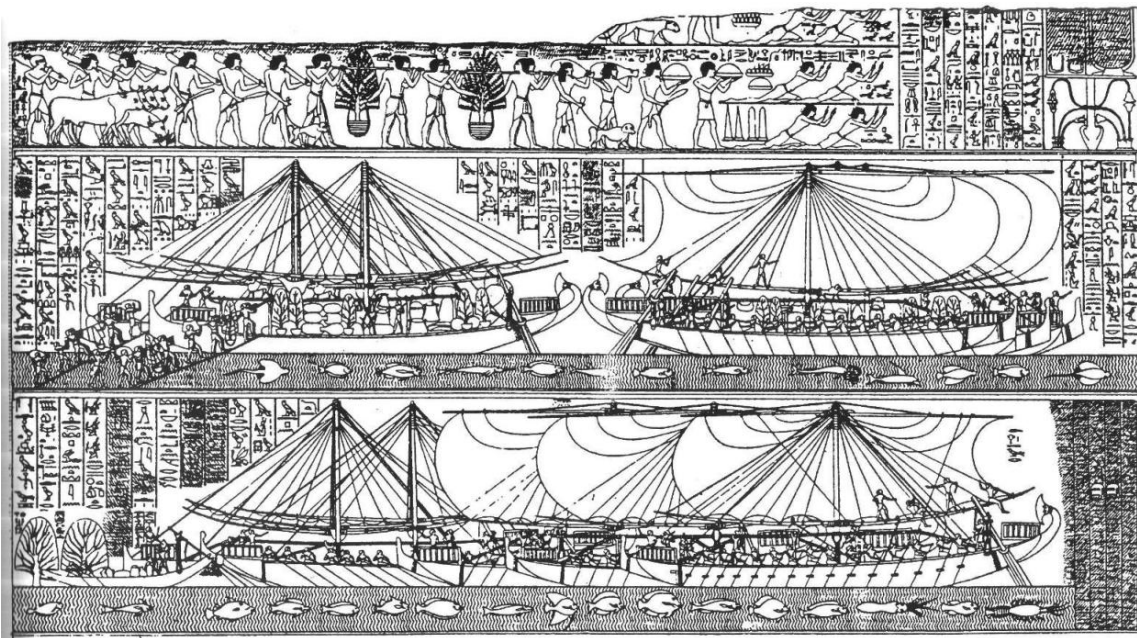




## *Abstract*

*La finalità del lavoro di ricerca e di progetto è quella di sviluppare un modello ideale di nave per il recupero dell'archeologia sommersa elaborato appositamente per tale scopo; l'imbarcazione dovrà quindi possedere tutte le caratteristiche necessarie per lo svolgimento delle attività di studio e di recupero dei manufatti sommersi, in conformità ad adeguate geometrie dello scafo.*

*Le dimensioni, le attrezzature, gli ambienti e la loro distribuzione saranno le linee guida principali che porteranno alla concretizzazione di un'unità che garantirà il migliore svolgimento delle attività archeologiche.*



[1] Antiche navi egizie di Hatshepsut in partenza per Punt, 1470 a.C.

# PARTE I. YACHT DESIGN

## 1. NASCITA E SVILUPPO DELLE IMBARCAZIONI, TIPOLOGIE E CLASSIFICAZIONI

### 1.1. Storia delle imbarcazioni

Le prime imbarcazioni di cui si abbia documentazione navigarono nel mar Mediterraneo e operarono inizialmente su piccoli specchi d'acqua o per l'attraversamento di fiumi. Per lungo tempo il remo fu il sistema di propulsione principale, anche dopo l'invenzione della vela; il remo garantiva infatti di muoversi in ogni condizione, anche in contrasto con la direzione del vento, mentre la vela veniva usata solo per consentire un riposo ai rematori quando il vento era favorevole. Le prime imbarcazioni di cui si dispone di una raffigurazione attendibile sono le navi egiziane. Esse sono riprodotte su graffiti nelle tombe dei Faraoni dove sono stati inoltre rinvenuti piccoli scafi in oro o argento con funzioni votive. Inizialmente costruite con rami di papiro e successivamente in legno, con tecniche apprese grazie ai contatti con altri popoli [fig. 1].

Dopo gli egiziani furono i fenici a dare un impulso alla storia della navigazione con i loro commerci nell'area mediterranea che li portarono lontano dalle coste, dando alla vela un ruolo primario nella propulsione. Era una vela quadra inferita ad un pennone di un albero mantenuto da manovre fisse.

Per diversi secoli l'evoluzione, più che per le navi mercantili, interessò quelle militari. In particolare le navi da guerra greche, romane e cartaginesi, con più banchi di rematori, un unico albero a vela quadra, con a poppa grandi remi e

a prora un piccolo castello per i soldati. Gli scafi erano dotati di chiglia e coste rivestite di tavole di fasciame fissate con caviglie di legno. La più grossa nave di tal tipo fu la *trireme* [fig. 2], lunga fino a quaranta metri e che per secoli rappresentò la caratteristica nave del Mediterraneo. Le navi mercantili erano invece più piccole e mosse principalmente dal vento.

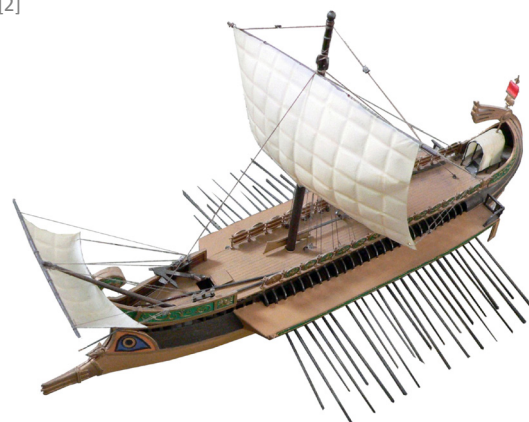
Durante l'Impero romano, per avere soprattutto il predominio del mare, si ebbe un forte impulso nella costruzione degli scafi in legno, con un perfezionamento della struttura trasversale e con l'adozione di alberi a vele quadre. Verso la fine dell'Impero ci fu l'introduzione della vela triangolare (vela latina), utile per risalire il vento. Contemporaneamente nei paesi del Nord Europa si svilupparono tipiche navi tra cui quelle dei vichinghi, dal caratteristico fasciame a corsi sovrapposti. Uno straordinario sviluppo nella costruzione degli scafi si ebbe durante il ciclo delle crociate con la nascita ed il successivo perfezionamento delle *galee* [fig. 3] (la galea fu l'ultima nave a remi, ma anche il primo scafo a fondo tondo, con una vera e propria chiglia), la comparsa del timone a barra e un grosso scambio sulle tecniche costruttive tra i popoli settentrionali e quelli meridionali. Intorno al 1300 nel mare del Nord prese vita la prima nave con propulsione unicamente velica, la *cocca*, dotata inizialmente di un albero a vele quadre

e un bompresso. Gli scafi si fecero più tondi per migliorare la capacità di carico, imponendo però l'uso di ulteriori rinforzi quali correnti e braccioli. L'attrezzatura si fece più complessa con un ulteriore albero a prua, quello di trinchetto, a cui si aggiunse a poppa, più tardi, l'albero di mezzana, spesso dotato di vela latina. La *cocca* influenzò spagnoli e portoghesi che imposero le *caracche* e le *caravelle* dalla caratteristica vela di civada.

Tra il 1400 e il 1500, con il crescere delle dimensioni dei velieri, il numero delle vele aumentò; gli alberi furono costruiti in più pezzi, dotati di coffa e crocette. Nell'ambito prettamente militare si continuarono a preferire le *galee* per la loro rapidità di manovra, pur con la loro scarsa attitudine a tenere il mare per la particolare forma allungata. Con la scoperta delle Americhe, navi sempre più grandi e robuste attraversarono l'Atlantico; le nazioni che si affacciavano sull'oceano, Spagna, Portogallo, Francia e Inghilterra, si affrontarono sui mari per scopi commerciali e di conquista.

Verso la meta del 1500 comparve il *galeone*, ideato dai portoghesi, ma di cui furono maestri gli inglesi. I galeoni erano dotati di artiglieria per assolvere il doppio compito di nave mercantile e da guerra. Le lunghe navigazioni imposero strutture degli scafi ancor più robuste. Inoltre, l'esigenza di aumentare la stabilità con mare mosso, non molto elevata nei galeoni per il forte bordo libero e per il peso dei cannoni, diede vita a un primo grande impegno tecnico già nella fase di progettazione, con approfondimenti teorici sui comportamenti delle navi. Nacque così, nel 1600, un nuovo tipo di nave, il *vascello*, che rimase insuperato come nave da guerra per tutto il periodo velico. Si trattava di un'unità particolarmente robusta, con un rapporto lunghezza/larghezza superiore a quello del galeone. Nello stesso periodo furono realizzate altre tipologie di navi da guerra tra cui lo *sciabecco*, la *feluca* e la *bombarda*. Il perfezionamento del vascello si protrasse per due secoli con un progresso delle tecniche costruttive ed un miglioramento dell'attrezzatura velica. Tra il 1600 ed il 1700 si svilupparono moltissime unità minori, più piccole e leggere, quali *fregate*, *brigantini*, *sloop* e *corvette* dalle forme particolarmente stellate. Agli inizi del 1700 fu introdotta la ruota del timone e la vela di fiocco, mentre intorno al 1750 fu abolito il parrocchetto sull'albero di bompresso che divenne più lungo con l'asta di fiocco. Da quella data si

[2]



[3]



[4]



[2] Modello di *trireme*  
[3] Modello di *galea*  
[4] Modello di *clipper*

incominciarono a ridurre le decorazioni, che praticamente scomparvero con la fine del secolo successivo.

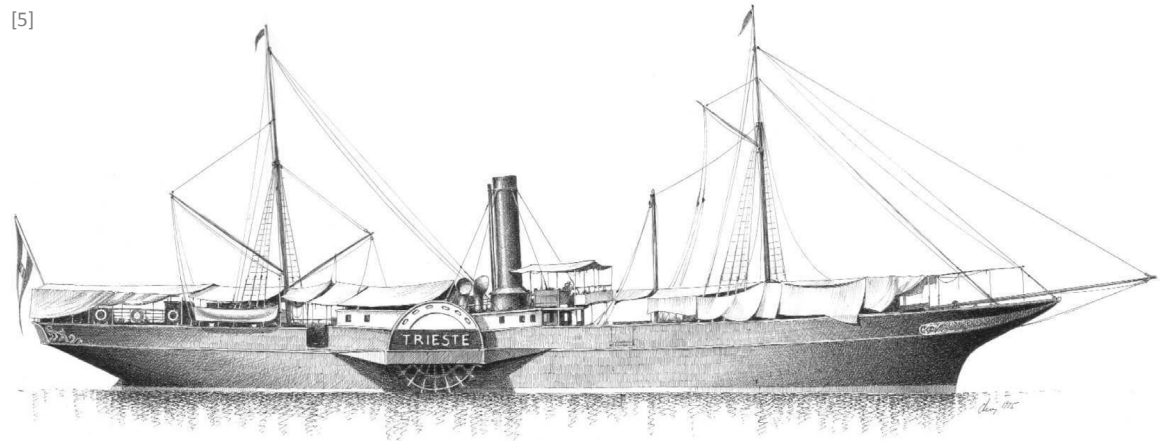
Con l'Ottocento venne introdotta la propulsione meccanica, inizialmente ottenuta con grosse ruote a pale mosse da una macchina a vapore. Le navi erano anche dotate delle vele necessarie per le lunghe navigazioni e per i continui rifornimenti di acqua e combustibile delle caldaie.

Nei primi anni del secolo fu introdotta la catena, quindi l'elica e i cavi metallici con un susseguirsi di innovazioni tecnologiche, conseguenti ad una crescita costante dell'industria siderurgica, metallurgica e meccanica.

Si iniziarono a costruire i primi scafi in ferro con strutture simili a quelle degli scafi in legno. L'epoca velica incominciava a tramontare, ma mentre si sviluppava il nuovo sistema di propulsione, motivi commerciali spinsero gli americani e successivamente gli inglesi, a realizzare un nuovo originale veliero, il *clipper* [fig. 4], attrezzato con tre o quattro alberi. Nel ridurre al massimo i tempi di trasporto del tè, dall'estremo oriente ai mercati occidentali, si creò quello spirito competitivo che diede vita alle regate tra cui la Coppa America.

Con la seconda metà del secolo si ebbe una nuova rivoluzione industriale grazie alle scoperte scientifiche e alla forte crescita economica. Si continuarono a costruire velieri soprattutto per motivi economici e di trazioni. Tale condizione predominò sulle nuove navi a vapore fino ai primi anni del 1900. La fabbricazione di lamiera e profilati metallici diede inoltre la possibilità di costruire grandi navi in ferro, ben presto sostituito dall'acciaio. Sulle navi ormai era diffusa la presenza di apparecchiature azionate dal vapore prodotto dalle caldaie, dai verricelli alla macchina per il timone.

Con l'inizio del 1900 le costruzioni navali, da guerre e mercantili, progredirono ad un ritmo elevato nelle tecniche costruttive (ad esempio la saldatura che durante la seconda guerra mondiale sostituì la chiodatura), nella propulsione, con l'entrata in servizio delle turbine a vapore a gas e la propulsione nucleare verso la metà del Novecento, con l'introduzione di apparati ausiliari alla navigazione, dall'automazione dei servizi di bordo alla radioassistenza, fino ad arrivare ai nostri tempi, all'impiego di sistemi basati sui satelliti artificiali.



[5] Disegno del piroscafo  
*Trieste* del Lloyd Austriaco,  
1847

## 1.2. Tipologie navali

Le prime barche a motore erano molto semplici, piccole e in legno, e venivano utilizzate a scopi lavorativi. La maneggevolezza e le prestazioni superiori di queste barche rispetto a quelle vela, hanno ben presto attirato l'attenzione del pubblico e oggi la domanda di navi sempre più grandi, più veloci, più comode e tecnologicamente avanzate ha portato ad avere una vastissima gamma di imbarcazioni.

La classificazione dei mezzi navali può seguire diversi parametri: cronologico, funzionale, formale o geometrico. Per garantire la sicurezza di ogni imbarcazione sono nati appositi istituti che classificano le unità galleggianti verificandone le caratteristiche costruttive, di navigazione e di impiego.

Le tipologie oggi esistenti sono in grande quantità, pertanto una prima fondamentale suddivisione che permetta di suddividere l'ampia varietà in due macro aree è quella relativa al sistema di propulsione delle imbarcazioni: propulsione velica e propulsione meccanica. La vela oggi rappresenta soprattutto la navigazione da diporto, quella navigazione effettuata a scopi sportivi o ricreativi, mentre le imbarcazioni a motore, seppur oggi largamente utilizzate anche per "diletto", includono anche i mezzi mercantili, militari e da trasporto.

Numerose leggi regolano la navigazione da diporto e a seconda della lunghezza le unità da diporto si suddividono in natanti (fino a 10 metri), imbarcazioni (da 10 a 24 metri) e navi da diporto (oltre i 24 metri).

Oggi si usa chiamare "yacht" qualsiasi unità da diporto, che sia a vela o a motore; nella categoria a motore in particolare, si definiscono genericamente *motor-yacht* (o panfili) tutte quelle unità dotate di ponti e abitabili che consentono una permanenza a bordo anche prolungata.

Le imbarcazioni a motore invece non legate alle attività di diporto possono essere adibite a trasporto merci e passeggeri o a scopi militari, commerciali e di ricerca.

Il registro italiano navale (RINA) suddivide i galleggianti per tipo e per categoria; per tipo si hanno navi per trasporto passeggeri, navi cisterna, navi traghetto, navi posacavi, rompighiaccio, rimorchiatori, pescherecci, draghe, navi da diporto e navi idrografiche, mentre per categoria si suddividono in piroscafi, motonavi, aliscafi, aeroscafi, velieri, motovelieri.

## 1.3. Motor-yacht

La prima barca a motore venne costruita nel 1783 su progetto del marchese Jouffroy d'Abbans col nome di *Pyroscaphe*. Era lunga 45 metri e dotata di due grandi ruote azionate da una macchina a vapore.

La maggior parte delle forme attuali delle imbarcazioni deriva dalla revisione e dallo sviluppo dei primi esperimenti effettuati in campo navale.

I motor-yacht più diffusi sono quelli monoscafo ma negli ultimi anni il campo di interesse della progettazione navale si è allargato ai multiscafi, in precedenza prevalentemente diffusi nel campo della vela (catamarano, trimarano).

Le categorie principali in cui si possono catalogare i motor-yacht sono: motoscafi, cruisers, open e superyacht.

I *motoscafi* sono imbarcazioni piccole e veloci, dotati di motori entro bordo (motore all'interno dello scafo), fuoribordo (motore all'esterno dello scafo) o entrofuoribordo (motore all'interno dello scafo e gruppo poppiere all'esterno). Fanno parte di questa classe i *runabout* [fig. 6], imbarcazioni non superiori ai 9 metri con scafi plananti dotati di motori a benzina derivanti dal settore automotive che possono raggiungere velocità oltre ai 30 nodi. Costruiti in legno, non hanno nessun ponte e tutti gli spazi sono completamente aperti o al massimo coperti da una piccola tenda o da un hardtop removibile. Lo stile ricorda molto quello di un'auto, dai sedili al cruscotto. I runabout costruiti da Carlo Riva negli anni cinquanta sono considerati come modello principale di questa categoria e conosciuti a livello internazionale. L'introduzione della plastica rinforzata in fibra (FRP) negli anni sessanta e i vantaggi della produzione di serie hanno spinto questa categoria ad avere un grande successo commerciale che continua ancora oggi. Con un piccolo aumento di lunghezza (fino a 12 m) il runabout divenne *day cruiser* [fig. 7], con uno spazio di sistemazione chiuso al di sotto del ponte di prua dotato di un letto matrimoniale, angolo cottura e servizi igienici per consentire crociere di pochi giorni o uscite giornaliere.

I *cruisers* sono imbarcazioni di medie e grandi dimensioni dotate di ponte e grandi zone coperte che permettono un soggiorno anche prolungato. Sopra lo scafo una sovrastruttura copre la barca quasi per l'intera lunghezza ed ospita gli spazi principali; al di sotto normalmente si trovano la cabina armatoriale e una o più stanze per gli ospiti e per lo staff di bordo. All'esterno si trova un pozzetto a poppa per la vita all'aria aperta e un'area prendisole a prua. In alcune imbarcazioni si

può accedere al ponte sopra la sovrastruttura, chiamato *flying-bridge* [fig. 8], dotato di divanetti e un secondo sistema di controlli di guida; questa configurazione dà il nome alla categoria. Se invece l'imbarcazione non è dotata di *flying-bridge* ma la sovrastruttura copre solamente gli spazi interni, la tipologia di *cruisers* si chiama *hard top* [fig. 9].

Rientrano nella categoria *cruisers* anche lo *sport fisherman* [fig. 10] e il *trawler*, derivanti dall'evoluzione delle imbarcazioni per la pesca sportiva sviluppate negli Stati Uniti all'inizio del XX secolo.

Gli *yacht explorer* [fig. 11] sono stati recentemente introdotti sul mercato e commissionati da proprietari interessati a visitare le aree marine estreme caratterizzate soprattutto dalla presenza di acqua molto fredda e ghiaccio. I primi *yacht* di questo tipo si ottennero dalla refitting di vecchi rimorchiatori o da navi per il rifornimento con interni di lusso. Ora sono solitamente di nuova costruzione e sia la domanda che le dimensioni di queste navi sono in aumento ogni anno.

La *navetta* [fig. 12] identifica uno *yacht* a motore specificatamente progettato per fornire eccellenti livelli di comfort a bordo durante la navigazione, senza garantire alte velocità. Gli ampi spazi interni rendono questa tipologia, come suggerisce il nome, una sorta di piccola nave.

Con il termine *open* [fig. 13] si indica una categoria di motor-yacht senza sovrastruttura e con un ampio pozzetto a poppa protetto solo da uno semplice vetro che ripara dal vento. Questa configurazione rende le linee della barca molto allungate e sportive e garantisce elevatissime prestazioni grazie a scafi plananti e motori potenti, in combinazione con interni spaziosi e confortevoli. Lo spazio sottocoperta è dedicato all'alloggio con una o più cabine, a seconda delle dimensioni dello *yacht*.

Una versione leggermente diversa ma sempre *open* è l'*offshore* [fig. 14], una versione sportiva di dimensioni più piccole ma con velocità simili a quelle dei motoscafi da corsa in mare aperto. Gli spazi a bordo sono limitati

e il layout è molto semplice per sottolineare il carattere sportivo di tali imbarcazioni e per ridurre al minimo il peso. I motori e i serbatoi per il carburante occupano una buona parte del volume interno disponibile.

L'*open coupé* è un compromesso tra un moderno *open* e uno *yacht hardtop*; ha un layout simile a quello di uno *yacht hardtop* ma ha un tetto scorrevole che permette la trasformazione dello spazio protetto sotto la sovrastruttura in una zona aperta.

I *superyacht* appartengono a una categoria abbastanza recente, nata da committenti molto ricchi ed esigenti, quali famiglie reali o uomini d'affari. La dimensione degli *superyacht* è in continua crescita, con un allargamento; fino alla seconda guerra mondiale, lo *yacht Savaronac* (136 metri) ha mantenuto il primato per quasi 50 anni. Dopo la fine della seconda guerra mondiale ci fu una sensibile riduzione delle dimensioni degli *yacht*, con la sola eccezione della *Royal Yacht Britannia* (125 metri). Solo negli anni ottanta le dimensioni iniziarono ad aumentare ancora; nel 1980 i cantieri Benetti lanciarono *Nabila*, 86 metri di lunghezza e, pochi anni dopo, nel 1984, il 144 metri del principe *Abdul Aziz* costruito da Helsingor Vaerft in Danimarca. Nel 2010 il *superyacht Eclipse* si aggiudicò il primato con 170 metri di lunghezza, ma recentemente, all'inizio del 2013, è stato superato da *Azzam*, 180 metri, dell'emiro saudita al-Walid bin Talal [fig. 15].

Oggi un numero enorme di *superyacht* e un numero relativamente elevato di navi di oltre 50 metri sono costruite ogni anno e la domanda di tali navi richiede dimensioni sempre crescenti nonostante l'attuale crisi economica globale. Una caratteristica degli *superyacht* è il gran numero di ponti, che rendono la sovrastruttura imponente e garantiscono grandi spazi interni. La lunghezza di un *superyacht* è la caratteristica distintiva, ma la tipologia della nave può essere qualsiasi di quelle precedentemente descritte; di conseguenza, ci sono grandi *flying bridge*, grandi *open* e grandi *expedition yacht*.

[6]



[6] Riva Aquarama, tipologia runabout  
[7] VanDutch 40, tipologia day cruiser

[7]





# TIPOLOGIE DI MOTOR-YACHT

[8]



[12]



[9]



[13]



[10]



[14]



[11]



[15]



- [8] Sunseeker Manhattan 63, tipologia flying-bridge
- [9] Rio 54 air, tipologia hard top
- [10] Hatteras 77 Convertible, tipologia sport fisherman
- [11] MCC MarcoPolo 45M, tipologia explorer
- [12] Navetta 26 crescendo, tipologia navetta
- [13] Itama 45, tipologia open
- [14] Classe T-3000, tipologia offshore
- [15] Azzam, tipologia superyacht



## 2. COMPOSIZIONE E COMPORTAMENTI DEL SOLIDO GALLEGGIANTE

### 2.1. Le strutture

Le parti principali di un corpo galleggiante sono la *sovrastuttura* e lo *scafo*.

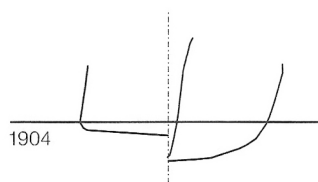
La sovrastuttura è qualsiasi struttura che si eleva dal ponte principale, quello completo a chiusura dello scafo. Può essere completa (o continua) quando si estende per tutta la larghezza dello scafo, o incompleta (o parziale) quando lunghezza e/o larghezza sono inferiori a quelle dello scafo.

Lo scafo è il complesso delle strutture costituenti il corpo di un galleggiante, indipendentemente dal materiale con il quale viene realizzato, dalle dimensioni e forme. Si distingue in una parte immersa (*opera viva*), la cui forma esterna è detta *carena* e una parte posta al di sopra della superficie dell'acqua detta *opera morta* che ne rappresenta la riserva di galleggiabilità.

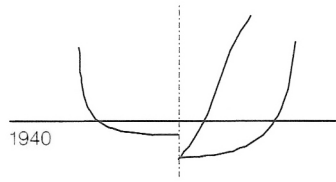
La carena, o opera viva, è quindi quella parte dello scafo immersa fino alla linea di galleggiamento [fig. 16]; la forma della carena è condizionata da fattori quali il tipo di carico trasportato e le velocità richieste. Nell'architettura navale lo studio della carena riveste particolare importanza nel comportamento in mare di un qualunque galleggiante, con compromessi tra prestazioni, abitabilità, sicurezza nell'affrontare il mare. Il dimensionamento della carena di una imbarcazione viene condotto sia sotto il profilo statico (se ne valutano i pesi, si determinano le condizioni di stabilità e assetto, ecc.), sia sotto il profilo dinamico (resistenza al moto, oscillazioni in presenza di onde, ecc.). Non potendo avvalersi sempre di soluzioni matematiche, il progettista fa uso di metodi sperimentali che possono

ricondersi a due tipologie: quelle dovute alle prove in vasca su modelli, i cui risultati si trasferiscono al galleggiante in grandezza vera, in base alle leggi di similitudine meccanica e quelle che fanno uso di esperienze sistematiche e comparative. Si definiscono *carene sistematiche* quelle carene che sono state studiate o si studiano in base a relazioni e coefficienti che, legando le caratteristiche geometriche e fisiche di un galleggiante, ne rappresentano i comportamenti idrodinamici. Un altro procedimento impiegato nella definizione della forma di uno scafo è quello detto delle *carene comparative*, in cui si parte da una carena geometricamente simile a quella in progetto. Il rischio è quello di affidarsi a uno scafo che potrebbe non essere derivato da uno studio attento e completo. La base teorica delle carene comparative è la legge di similitudine meccanica attraverso la quale si possono trasferire i risultati del modello di riferimento al nuovo progetto.

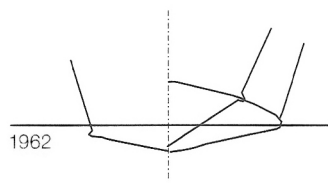
Una prima grande suddivisione tra tipi di carene è quella tra *carene tonde* e *carene a spigolo* [fig. 17]. Le prime rappresentano la forma classica degli *scafi dislocanti*, mentre le seconde sono tipiche degli *scafi plananti*. Gli scafi dislocanti, in relazione al loro peso e alla forma della carena, mantengono invariato il loro assetto statico e possono raggiungere solo la cosiddetta velocità critica, oltre la quale la resistenza totale all'avanzamento si incrementa a tal punto da impedirne il superamento. Gli scafi plananti invece sono quelli con carene a spigolo, con un fondo quasi



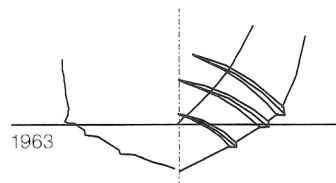
1904  
 poppa piatta  
 caratteristica dell'epoca,  
 principalmente per aumentare  
 la stabilità e permettere  
 il sostentamento



1940  
 tipica carena di imbarcazioni  
 semiplananti

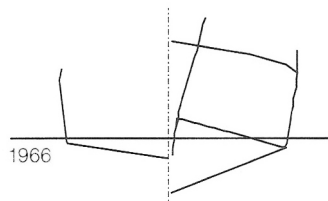


1962  
 compare il primo spigolo  
 tipico delle imbarcazioni  
 successive

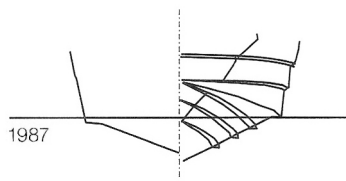


1963  
 i solchi a V diventano  
 più profondi e numerosi,  
 inizialmente poco apprezzati  
 in quanto richiedevano maggiore  
 potenza per entrare in planata

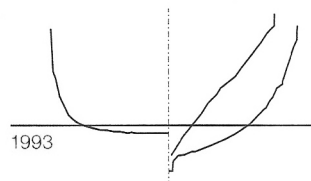
detta carena Hunt,  
 dal nome dell'inventore



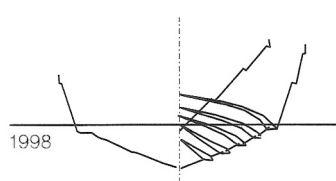
1966  
 forma di carena  
 di imbarcazioni semiplananti



1987  
 profonde V e forme fini di prua  
 tipiche delle imbarcazioni veloci



1993  
 simile alle carene del 1940,  
 ma con i masconi di prua  
 non lisci



1998  
 con profonde V  
 che convergono verso prua  
 ed una chiglia con medesima  
 immersione prua e poppa

[16] Schema  
 dell'evoluzione degli scafi  
 di imbarcazioni a motore

parallelo alla superficie dell'acqua, in cui la spinta idrodinamica sostiene la maggior parte del peso, riducendo notevolmente la resistenza d'onda e quindi permettendo alte velocità.

Le forme degli scafi delle imbarcazioni sono quindi di diverso tipo: a spigolo con fondo piatto, a doppio spigolo, a V e a sezione rotonda. Lo scafo a fondo piatto, di più facile costruzione, è adatto per impieghi in acque protette, per le derive e per imbarcazioni plananti (non stabili sull'onda); lo scafo a spigolo con il fondo a V, per la maggiore superficie bagnata a cui si associa una minima capacità di smorzamento, ha invece una migliore stabilità di rotta. Gli scafi a doppio spigolo non sono molto diffusi, soprattutto per l'elevato costo di costruzione.

Sotto l'aspetto strutturale, a seconda del tipo di galleggiante e del materiale impiegato, uno scafo può essere organizzato in tre modi: a *struttura trasversale*, a *struttura longitudinale* o a *struttura mista*.

Negli scafi a struttura trasversale [fig. 18], tipica delle imbarcazioni in legno, gli elementi primari del fondo (maderi), delle murate (coste) e del ponte (bagli) sono disposti nel piano trasversale e quindi la robustezza è principalmente garantita da numerose ossature trasversali e da un minor numero di elementi longitudinali (paramezzali, correnti).

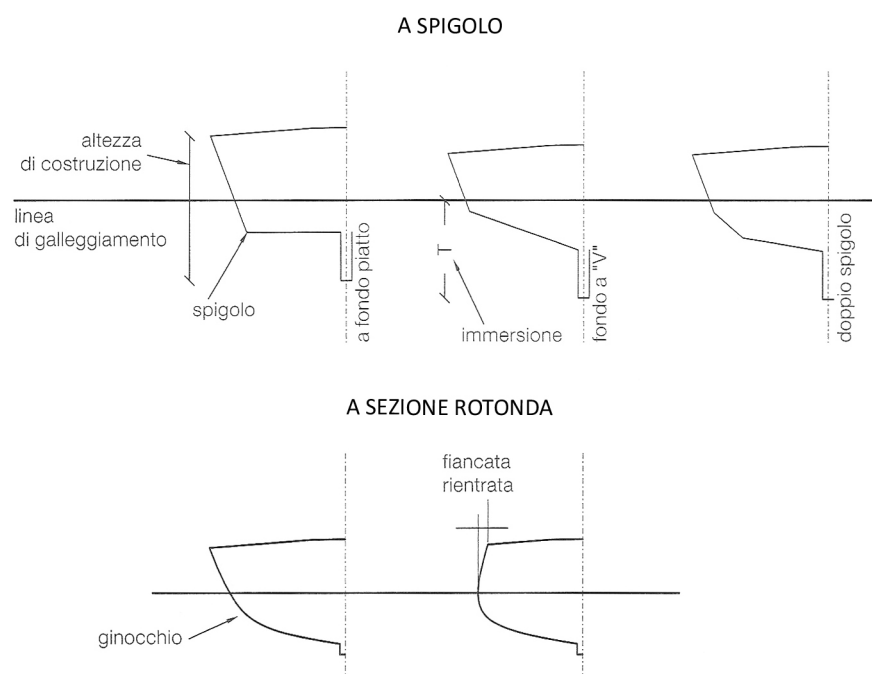
Gli scafi a struttura longitudinale [fig. 19] hanno un tipo di costruzione in cui le strutture sono disposte prevalentemente nel senso della lunghezza e sono

costituiti da un certo numero di telai: maderi, costole, bagli. Questa struttura è tipica degli scafi in metallo; resiste meglio della struttura trasversale alle sollecitazioni di flessione e garantisce solidità anche all'aumentare delle dimensioni delle imbarcazioni. I telai rinforzati giacciono in piani trasversali e sono collegati tra loro tramite il fasciame e un gran numero di elementi longitudinali, detti correnti; sono inoltre presenti grandi travi disposte longitudinalmente che costituiscono uno o più telai rinforzati longitudinali. Gli elementi longitudinali si collegano alle strutture di poppa e di prua, costituendo, appunto, un telaio, e sono collegati a tutti i telai trasversali nonché alle paratie stagne.

Negli scafi a struttura mista [fig. 20] le parti strutturali a carattere longitudinale sono prevalenti in quelle parti della scafo sollecitate a sforzi di flessione e taglio (ponti, fonda) e la robustezza delle parti soggette a sforzi di trazione e compressione è affidata alla prevalenza degli elementi trasversali. Anche queste costruzioni sono tipiche delle navi in metallo.

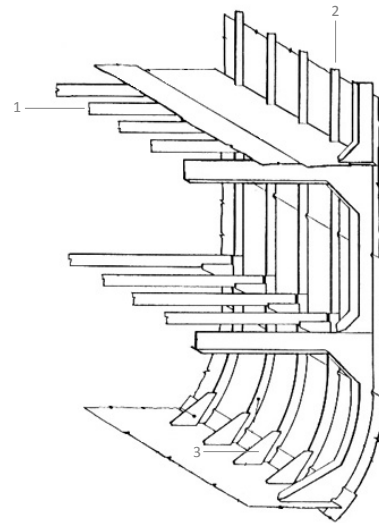
Negli scafi in plastica rinforzata il guscio rappresenta esso stesso elemento primario strutturale (tanto da richiedere particolare attenzione alla giunzione dello scafo con il ponte di coperta), insieme alle paratie trasversali e a tutte le parti di irrobustimento trasversali (maderi) e longitudinali che vengono annegate (mediante successive stratificazioni) al materiale composito.

[17]



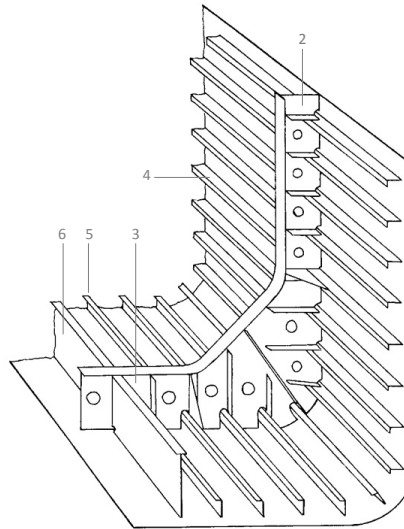
[17] Sezioni di uno scafo, a spigolo e a sezione rotonda

[18]

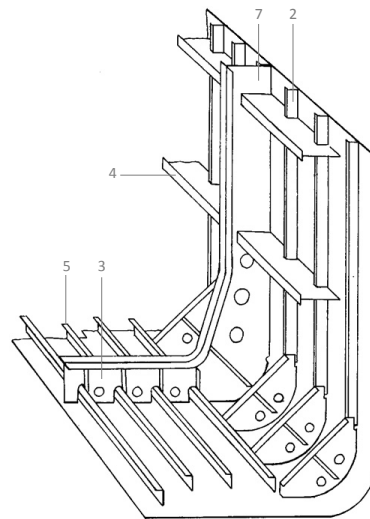
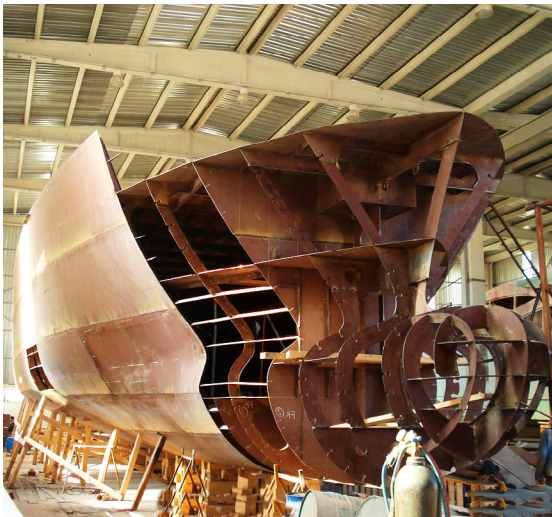


- LEGENDA
- 1 bagli
  - 2 costole
  - 3 madiere
  - 4 correnti del fianco
  - 5 correnti del fondo
  - 6 paramezzale
  - 7 costole rinforzate

[19]



[20]



- [18] Struttura trasversale scafo in legno
- [19] Struttura longitudinale scafo in metallo
- [20] Struttura mista scafo in metallo

# CARENA FER.WEY

Un particolare tipo di carena è la carena FER.WEY [fig. 21] (Ferretti wavw efficient yacht), nata dalla divisione engineering AYT (Advanced Yacht Technology) di Ferretti Group nel 2008 e attualmente prodotta per lo yacht Long Range 23 di Mochi Craft [fig. 22].

Questa carena è stata definita trans-planante e garantisce un'efficienza idrodinamica superiore ad altre carene, grazie all'innovativa forma della parte immersa che permette alla barca di non presentare il tipico appoppamento all'aumentare della velocità. Riduce inoltre il tipico rollio delle imbarcazioni dislocanti e migliora fino al 50% la stabilità statica di forma.

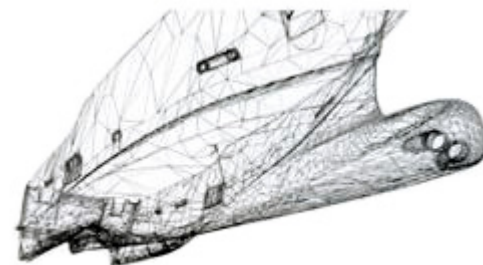
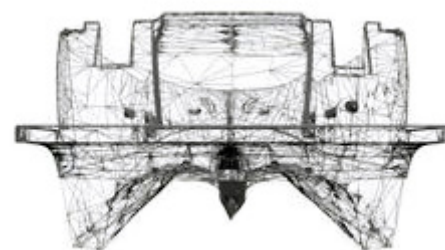
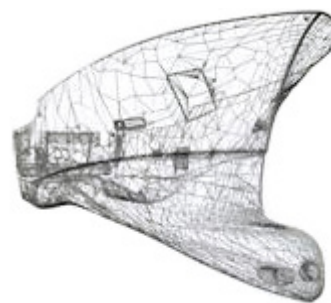
L'innovazione di questo scafo permette di navigare con grande comfort ed efficienza energetica nel range delle medie velocità in cui tipicamente le carene sia dislocanti sia plananti assumono invece comportamenti anomali. Allo stesso tempo minimizza il rollio e la formazione della scia poppiera. Grazie alla carena FER.WEY, l'imbarcazione, testata da Ferretti nella vasca navale di Potsdam dopo essere stata studiata al CFD (Computational Fluid Dynamics), supera senza soluzione di continuità e sempre con assetto perfettamente orizzontale i 15-16 nodi arrivando fino a 20, mentre, normalmente, una barca di questa misura entra nella fase di Hump di planata intorno ai 13-14 nodi, iniziando ad assumere un assetto appoppato già a 12 nodi.

Inoltre, a differenza di una carena dislocante classica, in cui la resistenza aumenta notevolmente di pari passo con l'assetto longitudinale in prossimità della velocità critica, la resistenza di FER.WEY aumenta ma più gradualmente con l'aumentare della velocità e, soprattutto, senza presentare una definita 'hump speed', imperfezione invece degli scafi plananti. Il risultato finale è che l'efficienza della carena FER.WEY è sempre superiore rispetto ad una carena planante fino ai 20 nodi, velocità che rappresenta quella potenziale di questa carena e che nessuna carena dislocante di pari dimensioni potrebbe raggiungere.

Questa carena assicura quindi stabilità di assetto longitudinale, permettendo all'armatore di muoversi e vivere in barca senza particolari cambiamenti di assetto al variare della velocità, massima efficienza di navigazione fino ai 16 nodi grazie anche all'azione del prominente bulbo prodiero che diminuisce le interferenze in treno d'onda sulla carena stessa e riduzione significativa del rollio.

Infine, la particolare forma della carena permette all'imbarcazione di "appoggiarsi" sui fondali marini proteggendo le eliche da impatti e permettendo all'armatore di raggiungere zone insidiose per altri tipi di carena.

[21]



[22]



[21] Tre disegni della carena FER.WEY, prua, poppa e in prospettiva  
[22] Long Range 23 di Mochi Craft

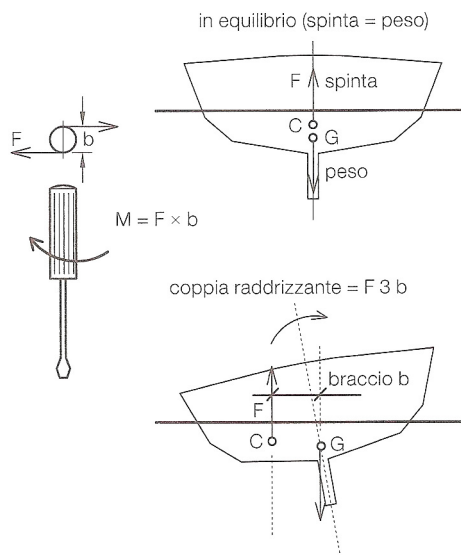


## 2.2. Comportamento e moti delle imbarcazioni

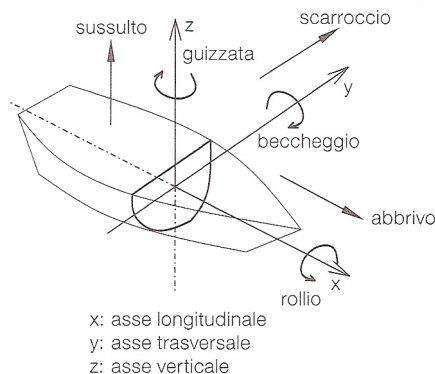
Una qualità essenziale che un corpo galleggiante deve avere è la galleggiabilità, oltre all'impermeabilità, la robustezza e la navigabilità. Se uno scafo la possiede non vi è il rischio dell'affondamento, non solo per il principio di Archimede, ma anche per tutta una serie di elementi (come ad esempio la forma e la compartimentazione interna) che lo fanno rimanere a galla sotto l'azione del mare, del carico o per avaria. Anche la stabilità è un aspetto fondamentale che deve essere garantito dal progetto di un'imbarcazione; in fisica la stabilità è definita come l'insieme delle condizioni di equilibrio di un corpo che, sottoposto a una perturbazione, ritorna alla sua originaria condizione di equilibrio al cessare della causa; nel caso opposto si parla di instabilità o stabilità negativa. In particolare, un galleggiante immerso in un liquido in quiete è inizialmente in equilibrio se il suo peso, applicato nel centro di gravità G e la spinta (uguale e opposta), esercitata dal liquido e applicata nel centro di carena C, sono allineati sulla stessa verticale [fig. 23]. L'equilibrio si definisce stabile se il galleggiante, inclinato di poco o con movimenti lenti, rispetto alla condizione di equilibrio, ritorna nella posizione iniziale al cessare della causa. L'equilibrio si definisce instabile se il galleggiante tende a inclinarsi ulteriormente, anche con la scomparsa dell'azione inclinante. Ciò avviene perchè le due forze suddette costituiscono una coppia detta *coppia di stabilità* che, a seconda del suo segno, determina la tendenza dello scafo a ritornare nella posizione dritta (coppia raddrizzante Cr) o a inclinarsi ulteriormente.

Tipicamente si esamina la cosiddetta stabilità trasversale anche perchè le inclinazioni longitudinali sono di minore entità e riguardano più che altro l'assetto della nave (il movimento reale è comunque combinazione di sbandamenti trasversali e longitudinali). La stabilità dipende dalla posizione del metacentro rispetto al baricentro G del galleggiante che, per piccoli angoli di sbandamento, può ritenersi fissa. Il metacentro M è il punto d'intersezione della linea di azione della spinta, applicata nel centro istantaneo di carena C. La condizione di equilibrio stabile si verifica quando la posizione del centro di gravità è sottostante al metacentro M (trasversale o longitudinale). Solitamente la coppia di stabilità iniziale viene suddivisa in due componenti: la quota  $r \cdot \sin\varphi$  detta *coppia di stabilità di forma*, e la quota

[23]



[24]



$a \cdot \sin\varphi$  detta *coppia di stabilità di peso* [fig. 25]. Infatti, nel primo caso la posizione di M (quindi r) è legata alla forma della carena: r cresce quanto più la carena è larga e poco immersa (come nei multiscafi); nel secondo caso, a parità di carena e quindi della posizione del centro di carena C, variando la distribuzione dei pesi di bordo varia la posizione di G e quindi varia la distanza metacentrica a (distanza CG incrementabile ponendo nella parte bassa dello scafo i materiali pesanti: zavorra). Si può dire che fino a 25-30° di sbandamento prevale la stabilità di forma, oltre prevale quella di peso. Dalla condizione di nave dritta, sotto l'azione di una causa esterna (la cui azione può ritenersi pari a una coppia motrice  $C_m$ ), l'imbarcazione si inclina rimanendo in questa

[23] Equilibrio di un corpo galleggiante: la coppia di stabilità  
[24] Movimenti di un galleggiante



I movimenti elementari di un galleggiante sono sei, di cui tre rotazioni e tre traslazioni. Le rotazioni sono: il *beccheggio* (pitching), il *rollio* (rolling) e la *guinata* o *imbardata* (yawing). Le traslazioni sono: l'*abbrivito* o *planata* (surging), lo *scarroccio* o *deriva* (swaying) ed il *sussulto* (heaving) [fig. 24].

L'imbarcazione il più delle volte si trova a dover sopportare azioni combinate di tutti questi fenomeni. Il movimento più importante per la sicurezza di un'imbarcazione è il rollio, mentre il beccheggio e il sussulto incidono soprattutto sulla resistenza d'onda. Il rollio è l'oscillazione di uno scafo intorno a un asse longitudinale (in genere quello passante per il baricentro) dovuta al contrasto tra l'energia esterna, fornita dal moto ondoso, dal vento o dal timone e la capacità del galleggiante di opporsi allo sbandamento secondo le proprie caratteristiche di stabilità. Infatti sotto l'azione, ad esempio di un'onda, lo scafo sbanda, ma allo sbandamento si oppongono la coppia raddrizzante, le forze d'inerzia dello scafo, le resistenze smorzanti idrodinamiche della carena e, nel caso, quelle aerodinamiche delle vele. Il periodo di oscillazione  $T$  influenza, oltre la stabilità della nave, anche il carico e l'equipaggio. Per avere buone qualità nautiche si deve garantire lentezza e dolcezza del rollio; un valore di  $T$  alto è indicativo di un rollio molto dolce che può dar luogo, per il fenomeno della risonanza, a una barca che sbanda facilmente sotto le raffiche del vento e dà all'equipaggio la sensazione di poca sicurezza (alterazione delle capacità di coordinamento e mal di mare). All'opposto, un valore di  $T$  troppo basso è significativo di una barca "dura" in cui il rollio è rapido e violento. Poiché il valore di  $T$  cresce con l'aumento della larghezza dell'imbarcazione o con il diminuire dell'altezza metacentrica, ne consegue che è preferibile non eccedere in larghezza e che un'elevata stabilità iniziale non è sempre indicativa di una buona stabilità dinamica.

Su un'imbarcazione a vela il rollio trova smorzamento nella forma dello scafo (per la presenza della deriva) e nella velatura; sulle imbarcazioni a motore le oscillazioni possono incidere sull'efficienza di propulsione (elica e timone), quindi sulla stabilità di rotta e sull'apparato motore. Tra le varie soluzioni tecniche impiegate per ridurre il rollio sugli scafi a motore si adottano le alette antirollio, che dissipano l'energia delle oscillazioni, e lo stabilizzatore giroscopico, che permette un'istantanea correzione dell'assetto della barca, attraverso una verifica automatica che viene costantemente aggiornata di onda in onda.

## 2.3. Piano di costruzione

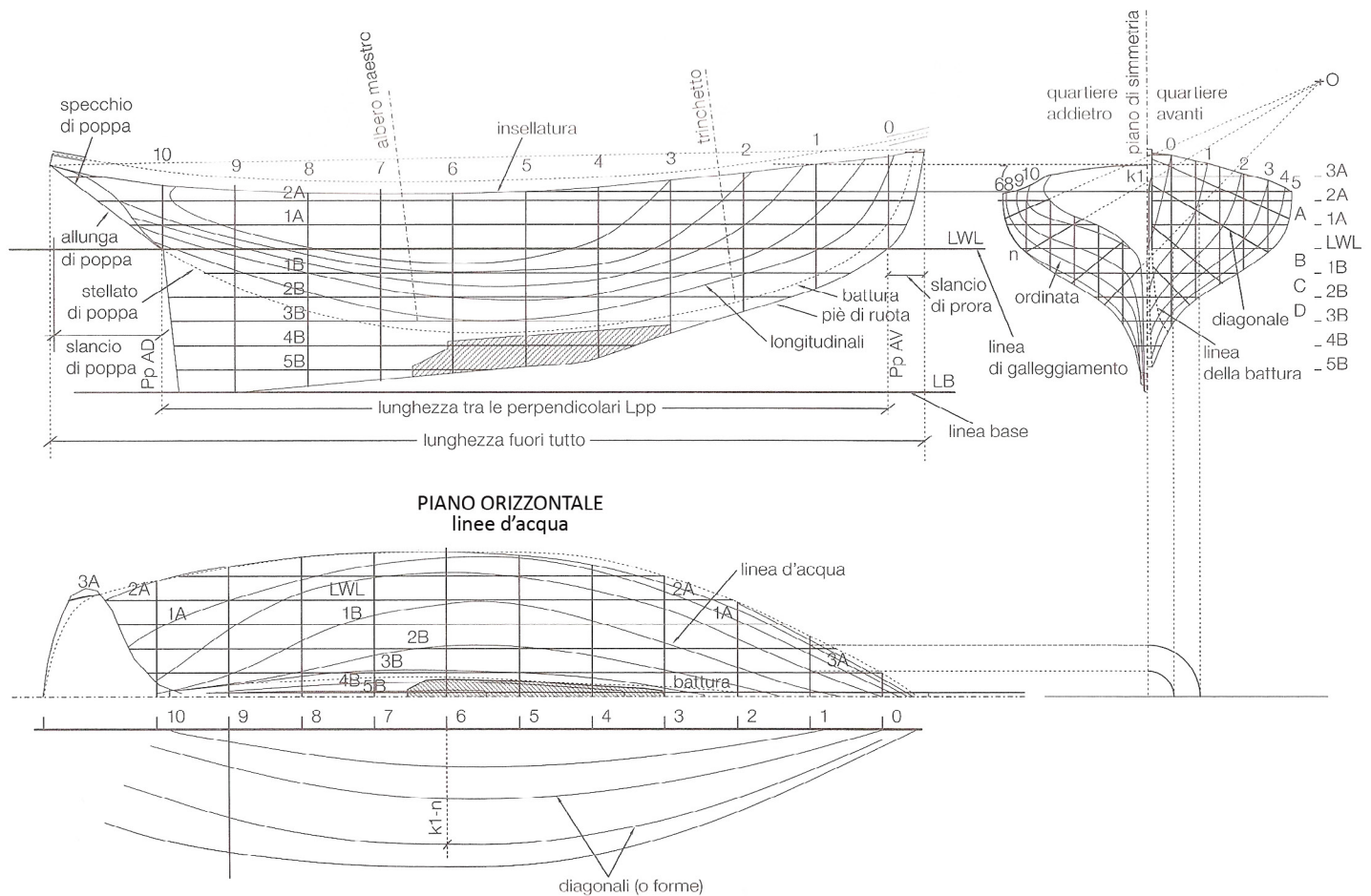
Il primo elaborato grafico di un qualunque galleggiante è il *piano di costruzione*, che comprende le sezioni verticali longitudinali, dette anche *longitudinali*, le sezioni orizzontali longitudinali, o *linee d'acqua* e le sezioni verticali trasversali o *ordinate*. Generalmente a sinistra sono riportate le longitudinali con la prua rivolta a destra; inferiormente sono tracciate le linee d'acqua e le diagonali; a destra del foglio sono riportate le sezioni trasversali (ordinate) di cui, a destra le sezioni comprese tra la sezione maestra e la prua e a sinistra quelle verso poppa [fig. 26].

Tradizionalmente la lunghezza al galleggiamento viene divisa in 10 parti uguali (oggi anche 20 per le dimensioni sempre maggiori delle imbarcazioni), per poter adottare il metodo di integrazione di Simpson, iniziando la numerazione da prua. Per facilitare il tracciamento della scafo vengono disegnate ulteriori sezioni in corrispondenza delle estremità. Poiché ciascun punto del piano di costruzione deve avere una corrispondenza su tutti i quattro tracciati, oggi lo sviluppo completo avviene per passi successivi, ridotti disegnando al computer ovvero con programmi software dedicati. Per passare alla realizzazione vera e propria dell'imbarcazione si dovranno elaborare, oltre al piano di costruzione, il piano velico (nel caso di imbarcazioni a vela), i disegni costruttivi della scafo corredati di particolari, le viste interne ed esterne, ecc. Per facilitare di lavorazione le linee del piano di costruzione delimitano la faccia esterna per gli scafi in legno o in vetroresina, l'esterno dell'ossatura per gli scafi in metallo;

La *linea di costruzione* nel piano di costruzione è quella linea (con simbolo LC o LdC) di intersezione tra il piano longitudinale di simmetria con la superficie fuori ossatura del fondo, per le navi in ferro o con il canto interno della battuta della chiglia, per le imbarcazioni in legno. Per gli scafi senza deriva è una linea parallela alla chiglia nel suo tratto rettilineo. Per gli scafi a vela da diporto si preferisce far coincidere la linea di costruzione con la linea base. In particolare la distanza tra la LdC, passante per la sezione maestra (ovvero misurata a metà della lunghezza  $L$ , tra le perpendicolari) e la linea retta del baglio del ponte di coperta, viene definita *altezza di costruzione* ( $D$ ) o puntale. Parallela alla linea di costruzione, ma passante per la faccia inferiore della chiglia, è la *linea di sottochiglia*.

La linea LC indica anche la linea del profilo e fa riferimento alla linea di simmetria, segnando la





traccia del *piano diametrale* dell'imbarcazione. Il piano diametrale dello scafo, detto anche piano di simmetria, è quel piano verticale longitudinale che divide la superficie dello scafo in due parti simmetriche. Considerando appunto che la barca è un mezzo simmetrico si può descrivere la pianta disegnandone anche solo metà, avendo comunque la certezza di poter controllare l'intero solido.

Le perpendicolari sono delle linee verticali immaginarie che dividono la lunghezza della nave in due parti uguali per semplificare i vari calcoli. La perpendicolare di prua, o *perpendicolare avanti* (PpAV) è una linea immaginaria a 90° con la chiglia che interseca il punto di incontro della linea di galleggiamento con la prua. La perpendicolare di poppa, o *perpendicolare addietro* (PpAD), è una linea immaginaria verticale a 90° con la chiglia che passa

sull'asse del timone. La *perpendicolare al centro* è una verticale situata in mezzo alle perpendicolari di prua e di poppa. La distanza tra le perpendicolari di prua e di poppa è chiamata *Length Between Perpendiculars* (LBP).

Per le navi a scafo metallico, la PpAV e la PpAD passano rispettivamente per le intersezioni del piano di galleggiamento con la faccia interna o poppiera della ruota di prua e con la faccia interna o prodiera del dritto del timone. Nelle moderne imbarcazioni il dritto di prua e il dritto di poppa indicano le corrispondenti parti estreme dello scafo. Entrambi gli estremi vengono realizzati in maniera da resistere alle sollecitazioni locali a cui sono sottoposti: la prua, che per prima affronta il mare e la poppa soprattutto quando è associata a un propulsore capace di solleccitarla direttamente e indirettamente.

## 2.4. Scelta dei materiali

La filosofia guida nella progettazione e nella costruzione di yacht a motore si basa sulla riduzione dei costi e la scelta del materiale di costruzione dipende anche dalla destinazione d'uso e dalle dimensioni dell'imbarcazione; la selezione dei materiali per i motor yacht è prevalentemente basata sul costo (sia iniziale che del ciclo di vita) e sul peso. Generalmente si tiene conto delle proprietà di isolamento, prevalentemente acustiche e termiche, e delle vibrazioni. Soprattutto nelle imbarcazioni da diporto, i materiali esterni sono scelti anche per le loro qualità estetiche.

Per la continua domanda di imbarcazioni in legno sotto i 24 metri di lunghezza, un ristretto numero di cantieri di grande esperienza continua questa produzione. Nella categoria superiore, tra i 24 e 45 metri, anche se la plastica fibrorinforzata (FRP) è il materiale più diffuso, anche la lega di alluminio ha una vasta applicazione, soprattutto quando sono richieste alte prestazioni. Il limite maggiore della plastica fibrorinforzata è dato dalle dimensioni; non può infatti superare certe lunghezze a causa delle sue basse proprietà meccaniche e del modulo elastico.

Per le navi di lunghezza superiore a 45 metri, i carichi sopportati assumono valori importanti e l'acciaio diventa l'unica scelta possibile. Le leghe di alluminio continuano ad essere un'alternativa interessante all'acciaio per le navi ad alte prestazioni, mentre sono standard per la costruzione di sovrastrutture.

Negli ultimi due decenni si è osservato un ritorno al materiale più antico per la costruzione di yacht, il *legno*. Anche se la costruzione dello scafo tradizionale a base di legno massiccio è diventata sempre più difficile a causa della scarsa disponibilità dei legni esotici quali mogano, teak, iroko e okoume, sono nate nuove tecniche di costruzione a base di legno compensato e legno lamellare, in combinazione con prodotti derivati dal settore composito, che consentono migliori vantaggi nelle proprietà meccaniche e una riduzione di peso. In più si sono sviluppate tecniche per proteggere e sigillare il legno dall'umidità in maniera più efficiente.

Il mogano continua ad essere il legno più ricercato per le parti solide e per il compensato, mentre il cedro rosso è il più adatto per le strisce laminate. Altri legni meno esotici come il rovere, il frassino e l'olmo sono utilizzati per le componenti strutturali, in funzione alle disponibilità locali. Inoltre il legno continua ad essere il materiale di base per il refitting

e la riparazione e il materiale più diffuso per interni e mobili di yacht moderni e la continua ricerca sulle tecniche di lavorazione viene costantemente effettuata dai progettisti per ottenere nuovi effetti visivi del legno per l'arredamento.

Oltre al legno, altri materiali utilizzati per la costruzione di imbarcazioni sono i *materiali metallici*; a partire dagli anni sessanta si è iniziato a fare ampio uso di acciai leggeri con tensione di snervamento inferiore a 250 MPa nella costruzione di imbarcazioni di dimensioni medio-basse a struttura trasversale.

Successivamente, la necessità di ridurre il peso strutturale ha portato all'utilizzo di acciai ad alta resistenza con carico di snervamento fino a 390 MPa e, al momento, quasi tutte le imbarcazioni a motore sono costruite con queste leghe.

Per le navi con elevate esigenze prestazionali e di medio-grandi dimensioni, l'alluminio si è dimostrato essere la soluzione migliore; la lega 5083 alluminio-magnesio è la tipica lega leggera utilizzata per la costruzione dello scafo, particolarmente resistente al sale e molto adatta per la saldatura. Invece per le parti strutturali non a contatto con l'acqua vengono utilizzate leghe serie 6000 che hanno un costo inferiore.

L'uso del titanio è aumentato negli ultimi anni grazie alla riduzione del suo costo e nel campo navale si è manifestato un certo interesse. Negli anni cinquanta è stato largamente usato per piccole applicazioni nautiche ma il suo costo era piuttosto proibitivo. Al momento è circa due volte più costoso dell'acciaio inossidabile, pur avendo circa il 57% della densità dell'acciaio inossidabile.

Tra i materiali compositi, la plastica fibrorinforzata (FRP) ha quasi del tutto sostituito la vetroresina, che ora si utilizza solo come rinforzo di base per le sue proprietà meccaniche e bassi costi; invece per applicazioni più specifiche, che richiedono maggiore resistenza e rigidità, e con un peso e costi più bassi, sono più adatte le fibre di Aramide e le fibre di carbonio.

I compositi FRP sono utilizzati per aumentare la rigidità dello scafo in senso longitudinale; vengono impiegati tessuti biassiali per aumentare la resistenza dei fianchi dello scafo a forze di taglio e momenti torsionali. Rinforzi unidirezionali invece, sono utilizzati per le travi, per rinforzare e mantenere il peso basso.

## 2.5. Soluzioni strutturali

I pannelli sandwich, comunemente usati per i ponti e più spesso per i fianchi dello scafo, sono generalmente rivestiti da fibre di vetro e balsa o in PVC. Vengono utilizzati per ridurre il peso, smorzare le vibrazioni e fornire isolamento termico maggiore. Quando è necessaria una riduzione di peso si impiegano materiali più sofisticati per il rivestimento dei pannelli, come l'aramide e il carbonio. Per quanto riguarda lo strato interno dei pannelli, si utilizzano materiali resistenti al taglio, come la balsa, grazie alla sua densità e alle venature fini. Lo svantaggio principale della balsa però è la sua tendenza a marcire se esposta all'umidità per un lungo periodo di tempo e richiede un'attenta fabbricazione. L'uso del PVC per il nucleo è in crescita grazie al reticolato che permette una resistenza maggiore agli urti. I nuclei in poliuretano sono utilizzati invece quando l'isolamento è un'esigenza primaria, mentre anime alveolari di aramide, alluminio o polietilene vengono utilizzate quando è richiesta una riduzione di peso.

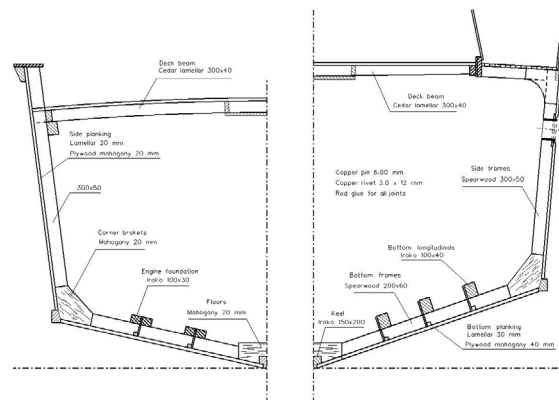
Attualmente la sostenibilità ambientale sta diventando sempre più inerente alle costruzioni marine in FRP a causa della grande quantità di materiale necessario per la costruzione di uno yacht. Un intenso lavoro di ricerca si rivolge a nuovi materiali che possono essere facilmente riciclati e che possono essere ottenuti da fonti che non rischiano di essere impoverite o di finire. Particolare attenzione è stata dedicata alle fibre naturali come il lino o la canapa racchiusi all'interno di una matrice di resina di acido polilattico.

Le soluzioni strutturali che si possono adottare nella costruzione di un'imbarcazione dipendono dalla lunghezza dello scafo, dalla forma dello scafo, dalla velocità che si vuole ottenere e dai materiali impiegati nella costruzione. A proposito dei materiali, le strutture principali di un galleggiante possono essere in legno, in metallo o in alluminio, oppure in FRP.

La costruzione di barche in legno è spesso definita come un'arte piuttosto che una semplice professione. Il perfezionamento nella lavorazione del legno è cresciuto durante i secoli. Le prime carene dislocanti, lente imbarcazioni con scafi tondi, sono state costruite con la tecnica tradizionale e le dimensioni ridotte non richiedevano traverse longitudinali. La necessità di ridurre il peso ed aumentare la velocità ha spinto i costruttori verso nuove soluzioni basate sull'impiego del compensato. Con l'introduzione del fondo piano è diventato più facile e più conveniente costruire telai rettilinei collegati da pavimenti in legno compensato e staffe. Questa soluzione ha continuato ad essere largamente utilizzata fino agli anni sessanta nella costruzione di motovedette veloci e grandi motor yacht, con solo alcune innovazioni rappresentate principalmente dall'introduzione del legno lamellare incollato. Il legno lamellare permette la costruzione di chiglie molto lunghe e spesse in un unico pezzo con la curvatura desiderata. Con il fasciame multistrato, i telai trasversali si sono ridotti e, in generale, sono diminuite le articolazioni e la massa strutturale, migliorando così le prestazioni attraverso una riduzione delle resistenze [fig. 27]. Dal 1900 al 1970 molte barche a motore sono state costruite con questa tecnica negli Stati Uniti e in Europa. Oggi un certo numero di cantieri continuano ad utilizzare il legno per la costruzione di yacht a motore, sostenuti da una forte domanda di appassionati di questo materiale. La dimensione media degli yacht a motore moderni in legno è di circa 20-25 metri di lunghezza, ma si trovano anche imbarcazioni fino a 30 metri.

L'uso dell'acciaio nella costruzione di yacht a motore coincide con l'introduzione di motori a vapore per navi veloci. Le navi in acciaio, in origine, avevano una struttura trasversale, imbullonata con strette ossature e rinforzi longitudinali primari, sistema ben collaudato in precedenza sulle costruzioni in legno. Per risparmiare peso e per superare le difficoltà nell'assemblaggio, alcune unità avevano rivestimenti e pavimentazione in legno.

[27]



[27] Sezioni maestre di imbarcazioni plananti in legno con elementi in compensato e legno laminato

Questa soluzione ha mostrato presto i suoi limiti a causa del suo elevato peso. Alla fine della seconda guerra mondiale, l'invenzione della saldatura, ha portato ad un significativo miglioramento nelle costruzioni, infatti è stato possibile ridurre drasticamente pesi e costi e aumentare la resistenza e la rigidità e, di conseguenza, la lunghezza delle navi [fig. 28]. Inoltre la saldatura ha reso possibile la realizzazione di nuove e più moderne linee dello scafo e della sovrastruttura, quest'ultimo aspetto particolarmente interessante per i progettisti navali. Per ridurre il peso e migliorare la stabilità, si è iniziato a costruire le sovrastrutture in lega leggera di alluminio, con giunti rivettati. L'unione scafo-sovrastruttura avveniva tramite bulloni in modo tale da isolare l'acciaio dall'alluminio. Oggi per l'unione si usa un giunto bimetallico, che consiste in due strisce, di alluminio e acciaio, delicatamente unite insieme. Il lato dell'acciaio della striscia è saldato al ponte principale e alla sovrastruttura e saldato il lato della striscia di alluminio.

Con l'aumento delle dimensioni delle navi, per la struttura dello scafo si è passati da un sistema trasversale a uno longitudinale, al fine di aumentare la resistenza e la rigidità in lunghezza.

Il sistema longitudinale è caratterizzato da ordinate trasversali molto distanziate, in genere 100 cm per le navi in alluminio e fino a 250 cm per quelle in acciaio, a seconda delle dimensioni e della velocità; valori più bassi sono spesso adottati nelle zone di prua e di poppa per una maggiore resistenza in caso di collisione. I correnti longitudinali sono generalmente vicini tra loro (tra 30 e 60 cm) per ridurre al minimo lo spessore del rivestimento [fig. 29]. Grazie alla struttura longitudinale si può ottenere una sezione di dimensioni maggiori senza alcun aumento di peso rispetto alla struttura

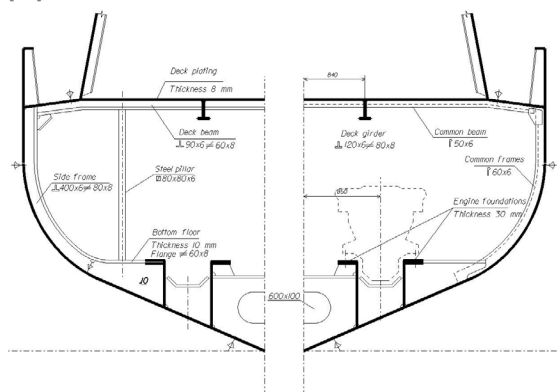
trasversale ma, dal punto di vista costruttivo, richiede elevati tempi e costi di costruzione a causa del maggior numero di congiunzioni. Per questo motivo, generalmente le piccole barche sono costruite con una struttura trasversale, mentre, per quelle più lunghe, si sceglie una struttura longitudinale.

Una terza soluzione è rappresentata dalla struttura mista, in cui la parti inferiore e i ponti hanno una struttura longitudinale mentre i fianchi hanno una struttura trasversale; questa struttura rappresenta efficienza in termini di resistenza ai carichi laterali di flessione e longitudinali. Ma una struttura ibrida è molto più costosa e i cantieri non sono soliti a tenerla in considerazione.

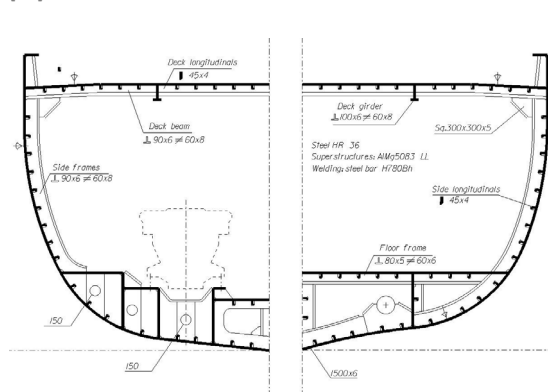
Per quanto riguarda i ponti, mentre le imbarcazioni di piccole e medie dimensioni sono dotate di un solo ponte principale, su imbarcazioni più grandi (oltre 60 metri) è inserito un ponte intermedio tra quello principale e il doppio fondo. La disposizione di due deck crea ulteriore spazio sotto il ponte delle cabine, generalmente dedicato al personale dell'equipaggio, e un tunnel tecnico dove la maggior parte delle tubazioni e cavi possono essere montate e facilmente ispezionabili.

Una tendenza attuale richiede l'introduzione di grandi aperture nello specchio di poppa dello scafo ed ai lati per dare alle cabine accesso diretto all'esterno (balconi), o per permettere ai tender di essere facilmente sollevati e recuperati in garages o di entrare direttamente nello scafo [fig. 30]. La presenza di queste grandi aperture, spesso non simmetriche, ha un effetto negativo sulla carena e sull'impermeabilità poichè interrompe l'integrità e la continuità della struttura. Per queste ragioni le aperture devono avere la stessa resistenza della struttura dello scafo integrale e un

[28]



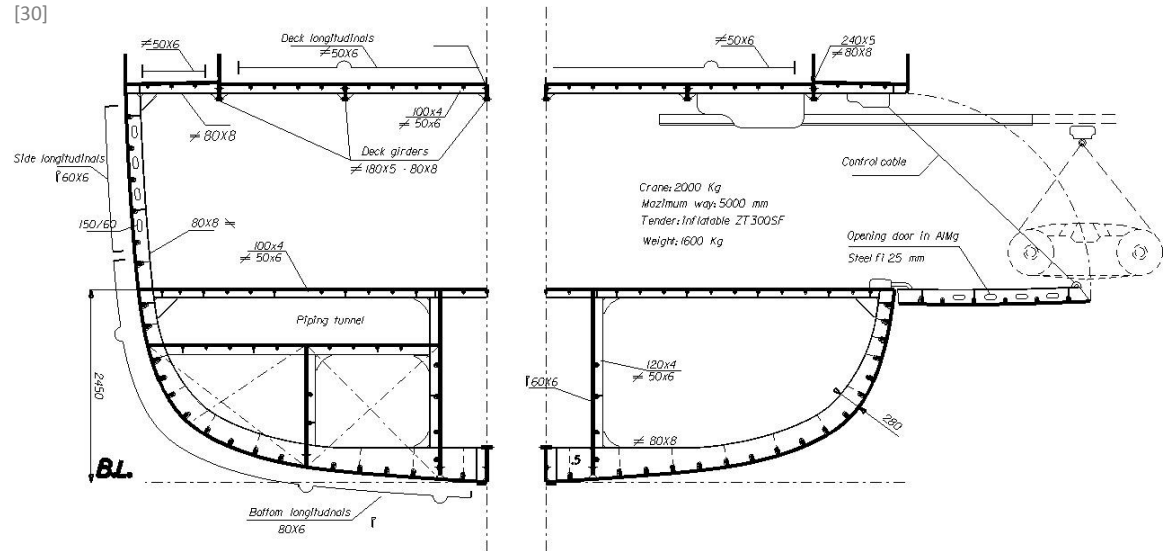
[29]



[28] Sezione maestra di un motor yacht con scafo dislocante in acciaio saldato; il tipo di struttura è trasversale

[29] Sezione maestra di un moderno motor yacht a struttura longitudinale

[30]



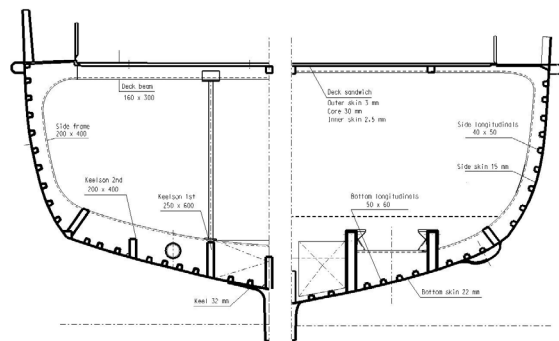
potente meccanismo di chiusura, con cerniere che consentono una perfetta chiusura stagna. Inoltre dovrebbero essere installate intorno all'apertura delle strutture di irrigidimento per evitare deformazioni locali (con conseguente ingresso acqua) ed effetti di flessione e torsione globali. Le cerniere delle aperture devono essere dimensionati adeguatamente per resistere alla forte pressione provocata dalle onde prodotte dallo scafo.

I moderni yacht in alluminio sono generalmente a struttura longitudinale con distanze più brevi tra gli elementi rispetto al acciaio (non più di 100 cm) e per ridurre il rischio di instabilità hanno rinforzi, a T o barre piatte. Esistono semplici formule per calcolare lo spessore della struttura inferiore e i moduli di rinforzo longitudinale e trasversale in funzione della pressione di progetto.

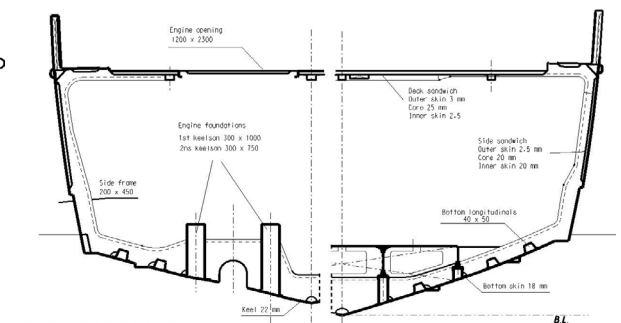
Con questa procedura si ha un risparmio di circa il 40% del peso struttura.

Per quanto riguarda la plastica fibrorinforzata (FRP), il suo sviluppo si ebbe da dopo la seconda guerra mondiale e si diffuse a tal punto da diventare il materiale più diffuso per la costruzione di barche da lavoro e da diporto di piccole e medie dimensioni. Le prime applicazioni consistevano in un unico involucro esterno irrigidito da rinforzi a sezione quadrata con andamento longitudinale e con intervallo compreso tra i 100 e 200 cm [fig. 31]; i rinforzi avevano l'interno cavo o in PVC. Quest'ultima soluzione è ora la più usata perchè permette una costruzione più semplice (il nucleo in PVC funziona come stampo) e perchè nel caso di sezione cava all'interno può rimanere intrappolata dell'acqua. è ridotto, riducendo così il costo di produzione.

[31]



[32]



[30] Sezione maestra di un'imbarcazione in acciaio di 60 m con ponte intermedio e balcone

[31] Sezione maestra di un'imbarcazione dislocante costruita in FRP con un unico involucro esterno

[32] Sezione maestra di uno scafo planante in FRP con fianchi e ponte in pannelli sandwich

## 2.6. Sistemi propulsivi

La propulsione navale è l'insieme di quegli elementi che permettono a un'imbarcazione di muoversi, dal semplice remo, alla vela, al motore con relativo propulsore (elica o idrogetto). In particolare se il motore trasforma l'energia del combustibile in energia meccanica all'asse, l'elica trasforma l'energia ricevuta in spinta utile a vincere la resistenza incontrata dall'imbarcazione per muoversi a una data velocità.

In una propulsione di tipo entrobordo gli elementi principali sono: l'asse di trasmissione, legato all'invertitore dal quale parte, trapassa lo scafo attraverso un apposito astuccio e termina con l'elica [fig. 33].

La maggior parte di installazioni propulsive su un'imbarcazione è bimotores, solo in alcuni casi è presente solo un motore (barche di piccole dimensioni o da competizione) o addirittura tre.

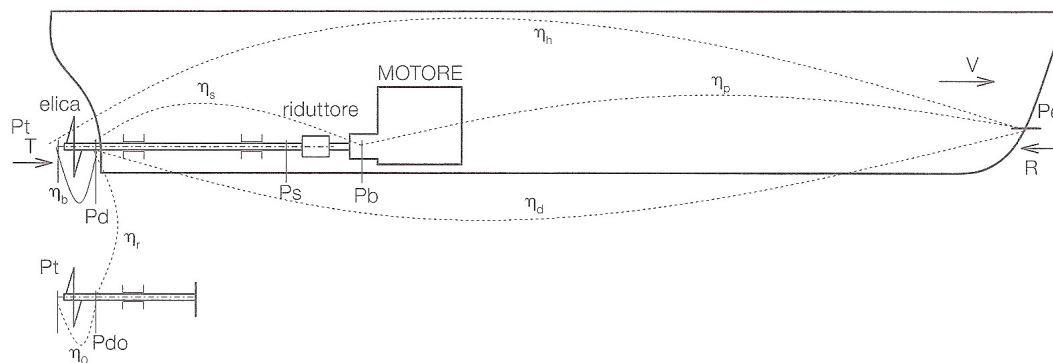
Nella progettazione del sistema di propulsione, i motori vanno collocati in una posizione compresa tra il centro della barca e i fianchi, sia per concentrare la massa in prossimità del baricentro, sia per permettere l'agibilità in caso di manutenzione intorno al motore.

La *linea d'asse* in una qualunque unità dotata di motore entrobordo è quella parte della trasmissione propulsiva costituita dall'insieme degli elementi che, all'uscita dell'invertitore del motore va all'elica di propulsione. Tale asse è genericamente posto nel piano longitudinale dell'imbarcazione e inclinato verso poppa. L'inclinazione, dovuta a ragioni costruttive, non avendola stessa direzione dell'avanzamento, determina una spinta utile  $F_u$  inferiore a quella prodotta dall'elica  $F$ . Se l'elica è l'organo meccanico che, generando la spinta,

imprime il moto all'imbarcazione, l'apparato motore fornisce l'energia utile per produrre la spinta; l'asse è l'elemento meccanico a cui è affidato il compito di trasmettere nel migliore dei modi il corrispondente momento torcente prodotto.

La linea d'asse può essere rigida o a supporti elastici. La *linea d'asse rigida* [fig. 34] è la classica linea d'asse i cui elementi sono: *accoppiamento invertitore-giunto cardanico*, è un giunto a flangia costituito da due manicotti cavi; *doppio giunto cardanico* o *omocinetico*, rigido sotto il profilo torsionale (incapace di trasferire o assorbire spinte assiali), ma in grado di assorbire piccoli disassamenti angolari, assiali e paralleli; supporto *reggispinta*, per contrastare la spinta prodotta dall'elica trasferendola solo allo scafo e non all'albero motore, costituito da un alloggiamento per uno o due cuscinetti di tipo assiale o radiale-assiale, calettati all'albero dell'elica. Per essere efficace, il reggispinta va collegato a strutture rigide e per questa una linea d'asse rigida si presta male in scafi di vetroresina o lamellare, di per sé leggeri e flessibili. *Astuccio dell'elica*, un tubo realizzato in bronzo e avvitato nel parammezzale per le barche in legno, o in bronzo ricoperto all'esterno di uno o più strati di fibra di vetro e resina, incapsulato nella scafo, nelle imbarcazioni in vetroresina, oppure realizzato dello stesso materiale di uno scafo in metallo a cui è saldato. *Braccio portaelica*, a sostegno dell'asse portaelica. Nelle piccole imbarcazioni con modesta sporgenza a poppavia dell'asse, così come nei tradizionali scafi in legno, il braccio non è presente. È costituito da un mozzo di supporto, con relativa boccola, collegato allo scafo da una patta imbullonata sugli scafi in legno o in ferro e annegata negli scafi in vetroresina. Il braccio deve avere forma aerodinamica simile a un'ala, soprattutto se la velocità dell'imbarcazione è superiore ai 20 nodi, come nel caso di imbarcazioni a motore.

[33]



[33] Apparato propulsivo

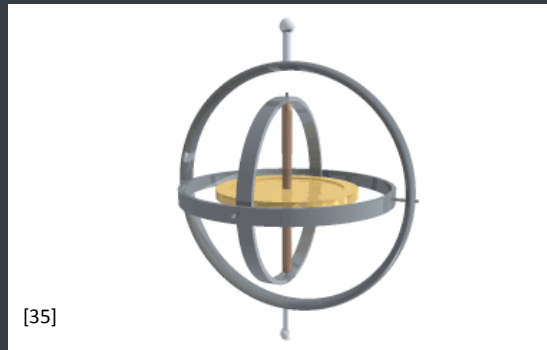




# STABILIZZATORE DINAMICO MC2

Lo stabilizzatore è un sistema in grado di ridurre le oscillazioni trasversali di rollio dovute al moto ondoso, indipendentemente dalla velocità della barca. Un innovativo sistema è lo stabilizzatore dinamico progettato da Item Mare, l'*MC2 Marecalmo* [figg. 36-37]; questo sistema sfrutta il principio del giroscopio [fig. 35] per cui un corpo tende a mantenere il suo asse di rotazione orientato in una direzione fissa, per effetto della legge di conservazione del momento angolare.

La componente primaria del giroscopio è un rotore avente un momento d'inerzia e una velocità angolare. Il momento di inerzia del rotore è determinato dalla distribuzione della propria massa rispetto al proprio asse di rotazione. Aumentando la massa o il diametro del rotore aumenterà quindi il momento di inerzia. Il momento angolare del rotore è dato dal prodotto del suo momento di inerzia per la velocità angolare ed indica la tendenza dell'asse di rotazione a rimanere parallelo a se stesso e ad opporsi ad ogni tentativo di cambiare il suo orientamento. Maggiore è il momento angolare e maggiore sarà la capacità del rotore di reagire alle coppie esterne e, in questo caso, maggiore sarà la capacità dello stabilizzatore di annullare il rollio.

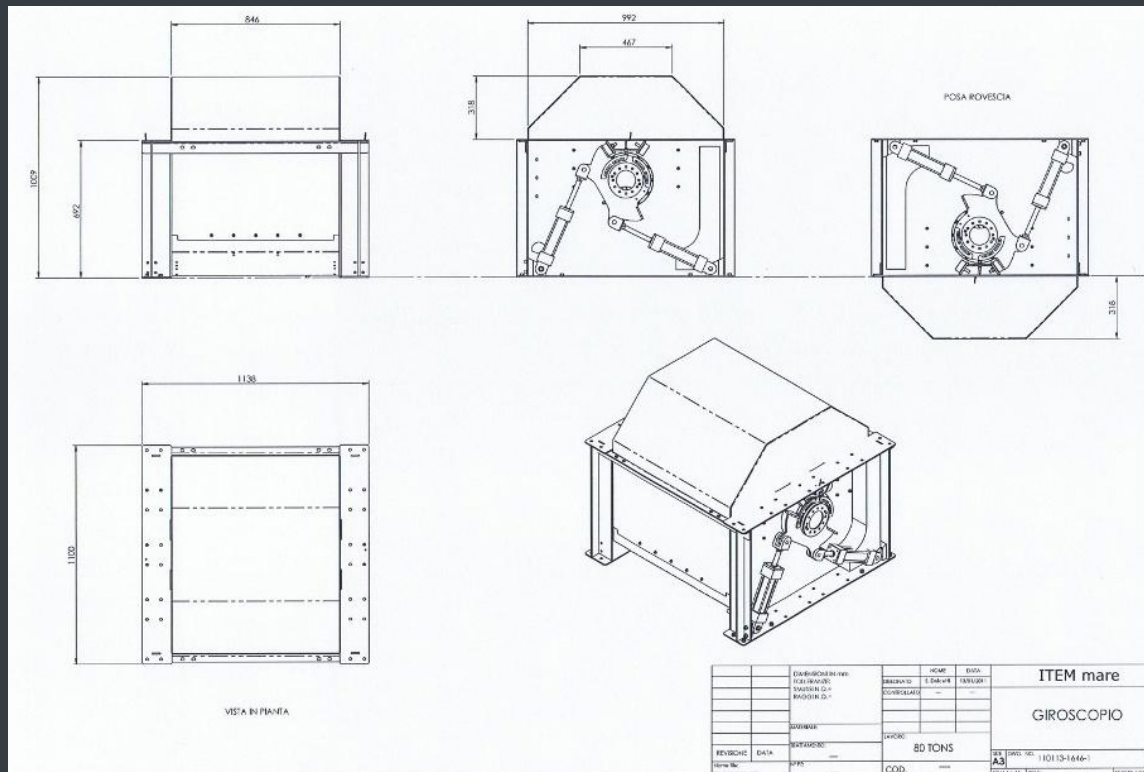


[35]



[36]

[37]



[35] Esempio di giroscopio  
 [36] Installazione dello stabilizzatore  
 [37] Disegno tecnico dello stabilizzatore



### 3.1. Tipologie e caratteristiche delle navi da ricerca

#### *Tipologie di navi da ricerca*

Una nave da ricerca è una nave progettata e attrezzata per svolgere ricerche in mare e può essere destinata ad un uso specifico od avere funzioni polivalenti.

Tra le tipologie moderne di nave da ricerca le principali sono utilizzate per rilievi idrografici, ricerche oceanografiche, ittiche, navali, oceanografiche polari e per l'esplorazione di petrolio.

Una *nave per rilievi idrografici* è una imbarcazione progettata per condurre mappature dei fondali; è l'attività che per prima ha impegnato vascelli da ricerca oceanografici per la creazione di mappe batimetriche che oggi sono di fondamentale importanza per la navigazione. Le carte nautiche sono prodotte proprio grazie a queste informazioni, al fine di garantire la sicurezza della navigazione dei trasporti militari e civili.

Le *imbarcazioni idrografiche* conducono anche ricerche sismiche dei fondali e della sottostante geologia. Oltre che per l'elaborazione di carte nautiche, queste informazioni sono utili anche per rilevare le caratteristiche geologiche dei fondali che potrebbero portare all'individuazione di petrolio o di gas. Queste barche hanno solitamente l'apparecchiatura installata o su una struttura al traino o sulla chiglia, come per esempio l'ecoscandaglio. Le navi idrografiche

sono spesso fornite di equipaggiamenti atti a svolgere diverse attività e alcune servono anche come appoggio per ricerche oceanografiche o navali con rilevamento sottomarino.

Le *navi oceanografiche* effettuano ricerche sulle caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche dell'acqua, sull'atmosfera e sul clima e per tali scopi sono equipaggiate con attrezzature per la raccolta di campioni di acqua a diverse profondità e con attrezzature per lo scandagliamento idrografico dei fondali, insieme a numerosi altri sensori ambientali [figg. 38-39]. Spesso trasportano anche operatori scientifici subacquei e veicoli sottomarini senza equipaggio. Dal momento che le esigenze della ricerca oceanografica e idrografica sono molto diverse da quelle della ricerca ittica, queste barche spesso svolgono un doppio ruolo.

Lo scopo delle *navi per la ricerca ittica* è quello di conoscere le dinamiche delle popolazioni ittiche, attualmente sottoposte ad un eccessivo sforzo di pesca e per questo motivo molti vascelli da ricerca sono attrezzati per la pesca scientifica; necessitano di piattaforme che siano in grado di trainare diversi tipi di reti da pesca, di raccogliere plancton e campioni di acqua da diverse profondità e di trasportare attrezzatura acustica per lo scandaglio. Le navi per la ricerca nel settore ittico sono spesso progettate e costruite seguendo le stesse linee costruttive di

un grande peschereccio, ma con spazio dedicato ai laboratori e al deposito che, anziché servire alla conservazione del pescato, viene dedicato alle attrezzature scientifiche.

I *vascelli per le ricerche navali* svolgono funzioni di rilevamento di sottomarini e mine e di sperimentazione di sonar e armi.

Le *navi da ricerca polare* sono costruite intorno ad un scafo rompighiaccio che permette loro di operare in acque polari. Queste barche hanno solitamente due funzioni, in particolare in Antartide, dove vengono utilizzate anche come navi da rifornimento per le basi di ricerca.

L'esplorazione di petrolio viene eseguita in vari modi, uno dei più comuni è l'utilizzo di piattaforme di trivellazione mobili o navi che vengono spostate da zona a zona, in funzione della necessità, al fine di perforare il fondale marino alla ricerca di giacimenti nel sottosuolo.

#### *Caratteristiche peculiari delle navi da ricerca*

Rispetto alle più diffuse navi da cabotaggio o da trasporto passeggeri, le navi da ricerca hanno alcune necessità particolari che ne influenzano il progetto.

Una delle caratteristiche principali che deve avere una nave da ricerca è la *manovrabilità*, in modo particolare se destinata ad operazioni di campionamento del fondale, con trivelle o carotiere. I timoni di cui sono dotate sono quindi di grandi dimensioni ed è installata un'elica prodiera che permette veloci spostamenti laterali. Al fine di evitare che i lunghi cavi dotati di sensori e campionatori che si portano al traino possano impigliarsi, le navi da ricerca sono spesso equipaggiate con eliche intubate che in alcuni casi, quando è previsto l'uso di idrofoni o altre apparecchiature acustiche, vengono costruite in modo da *ridurre al minimo le interferenze* soprattutto quelli generati dalla cavitazione, ossia la formazione di bolle d'aria che si formano quando le eliche ruotano velocemente.

Le navi da ricerca hanno la necessità di navigare seguendo rotte molto precise, fattore indispensabile per tutti i tipi di attività di ricerca, tra cui, in particolare, gli studi idrografici. Per questo sono dotate di un sistema di *navigazione di precisione* centimetrica, possibile grazie all'utilizzo dei DGPS al posto dei comuni GPS, che sfruttano la connessione a internet invece che ai satelliti. Utilizzano inoltre una serie

di accorgimenti finalizzati ad aumentarne la *stabilità*, in particolare durante le operazioni di carotaggio operazioni molto complesse eseguite dal ponte di una nave che oscilla, scarroccia e beccheggia. Perciò le navi da ricerca sono dotate di raffinati sistemi di stabilizzazione e di riduzione del rollio e di altri accorgimenti come i serbatoi del gasolio, o dell'acqua, comunicanti per avere sempre il peso equidistribuito tra poppa e prua e serbatoi per l'acqua di zavorra.

Quando necessitano di restare ferme nello stesso punto, le unità utilizzano un sistema di posizionamento dinamico, che compara la posizione reale della nave, rilevata tramite il DGPS, con quella desiderata, ed esegue automaticamente continue manovre di aggiustamento, permettendo all'imbarcazione di rimanere praticamente immobile sullo stesso punto geografico.

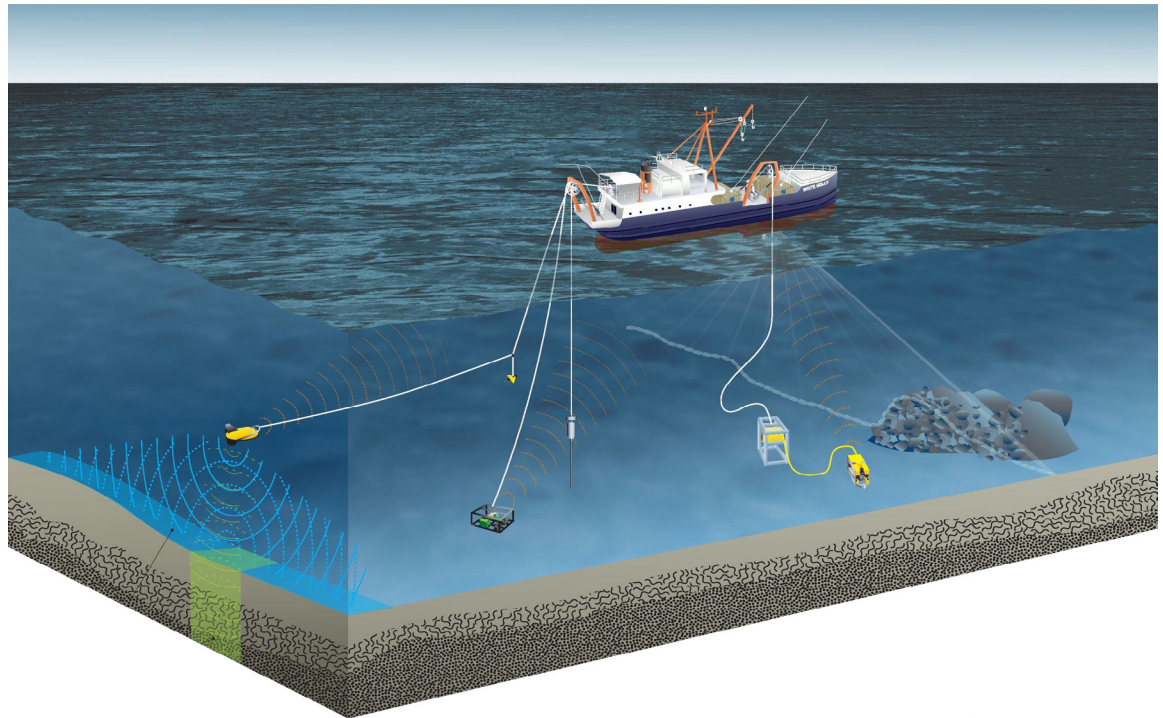
#### *Strumenti scientifici di bordo*

Il *GPS differenziale* è uno strumento più preciso di un GPS convenzionale e consente di stabilire la posizione esatta di una nave in pieno oceano con una precisione dell'ordine del metro. Necessita dell'installazione di ricevitori complessi e di una stazione fissa di riferimento a terra. Oggi esistono sistemi più semplici, che quasi eguagliano le prestazioni dei DGPS.

L'*ecoscandaglio* è un apparecchio acustico che emette degli impulsi audio (click) e ne misura il tempo di ritorno dal fondale marino. Lo scopo principale di un ecoscandaglio, è quello di fornire la visualizzazione della tipologia del fondale che scorre sotto l'imbarcazione.

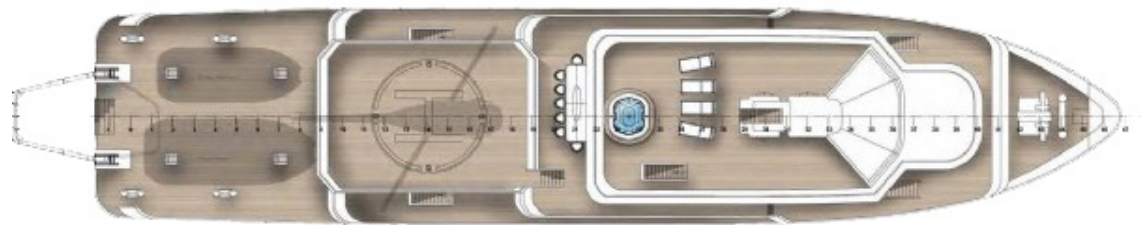
Il *multibeam*, simile all'ecoscandaglio, emette e riceve molti impulsi, ed è in grado di tracciare tridimensionalmente la forma di oggetti sommersi sotto lo scafo, anziché limitarsi a individuarne il profilo bidimensionale.

Anche il *side scan sonar* (sonar a scansione laterale) è utilizzato per tracciare la forma dei fondali e degli oggetti sommersi e per individuare banchi pesci, ma sviluppa fasci acustici lateralmente, lasciando per contro scoperta la fascia centrale, quella su cui passa il dispositivo stesso. Questo strumento è trainato a una certa distanza dalla nave e a una certa profondità, per minimizzare l'interferenza causata dalla rumorosità dell'imbarcazione e l'effetto dei movimenti della superficie del mare.



[38]

[39]



[38] Esempio di strumentazione installata su una nave da ricerca  
 [39] Sun deck e profilo della nave da ricerca *Proteus*

# ANDRÉ MALRAUX

## nave da ricerca archeologica

NOME: *André Malraux*

PROPRIETÀ: DRASSM (Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines)

BANDIERA: francese

CLASSE: 2e catégorie de navigation (200 milles des côtes)

LOA: 36,30 m

BMAX: 8,86 m

AUTONOMIA: 1700 mn/20 giorni

VELOCITÀ DI CROCIERA: 12 kn

VELOCITÀ MASSIMA: 13 kn

CAPACITÀ ACQUA DOLCE: 55 t

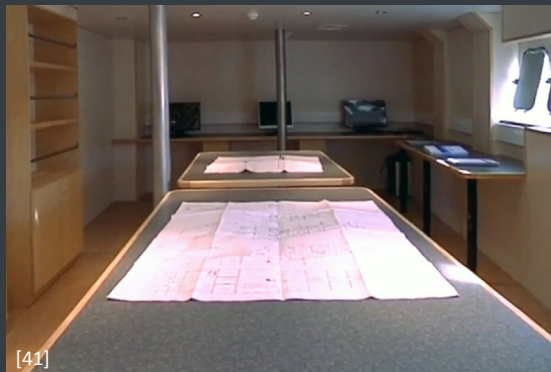
EQUIPAGGIO: 3 persone

PERSONALE TECNICO-SCIENTIFICO: 9 persone

Il Ministero della cultura francese ha dotato il DRASSM di una nuova imbarcazione per la ricerca archeologica; il progetto per l'*André Malraux*, che prende il nome dal ministro della cultura, è iniziato nel 2006 ed è terminato nel 2012. Questa unità è dotata di tutte le tecnologie all'avanguardia, nel rispetto dell'ambiente, ed è destinata al supporto delle campagne di protezione dei beni culturali marittimi francesi. Il team scientifico impegnato nella ricerca archeologica sottomarina potrà operare per 20 giorni consecutivi; sarà in grado di operare nello scavo e nelle ricerche grazie a dispositivi a bordo della nave quali un sottomarino, un ROVe vasche per lo stoccaggio dei reperti.



[40]



[41]



[42]



[43]

[40] *André Malraux* in navigazione  
[41] Laboratorio di bordo  
[42] Vista esterna dal main deck  
[43] disegno del profilo



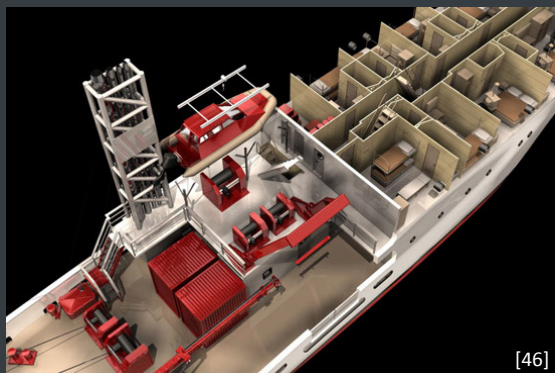
## UNIVERSITATIS nave da ricerca oceanografica



[44]



[45]



[46]



[47]

[44] *Universitatis*

ormeggiata

[45] Render della struttura

vista da prua

[46] Render del main deck

con compartimentazione

[47] Render della struttura

da poppa

NOME: *Universitatis*

Proprietà: CoNISMa (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Scienze del Mare)

BANDIERA: italiana

CLASSE: RINA C

LOA: 44,80 m

BMAX: 9,00 m

AUTONOMIA: 3000 mn/30 giorni

VELOCITÀ DI CROCIERA: 12,8 kn

VELOCITÀ MASSIMA: 13 kn

CAPACITÀ ACQUA DOLCE: 70 t

EQUIPAGGIO: 12 persone

PERSONALE TECNICO-SCIENTIFICO: 17 persone

La nave da ricerca *Universitatis* nasce come laboratorio mobile polivalente per soddisfare le esigenze di ricerca di vari gruppi tematici impegnati nello studio dell'ambiente marino e delle sue risorse. La versatilità è assicurata dalla dotazione di attrezzature, sistemi tecnici ed apparecchiature scientifiche atti a condurre indagini nei vari ambiti di studio delle scienze del mare; tale sistema consente di attrezzare l'unità, di volta in volta, in funzione delle finalità del progetto da eseguire. L'insieme delle strumentazioni e dei laboratori permette di effettuare misure e rilevamenti in situ, ma anche la raccolta e l'analisi di campioni d'acqua, materiale biologico e sedimenti.

L'unità è attrezzata per poter operare sia sulla piattaforma continentale, sia in acque più profonde per ricerche scientifiche, operazioni survey e monitoraggio. L'impiego del ROV consente di eseguire attività riguardanti la morfologia e la stratigrafia del fondo marino, e consente anche di svolgere indagini sia su manufatti che su relitti di varia epoca e natura di interesse archeologico.

Le operazioni di campionamento e acquisizione sono guidate tramite workstation dedicate, utilizzando un apposito software capace di gestire anche la velocità dei verricelli.

# PARTE II. ARCHEOLOGIA SOMMERSA

## 1. Definizione di archeologia sommersa

L'archeologia sommersa (nota anche come archeologia marina o subacquea) è un ramo dell'archeologia che studia specificamente l'interazione umana con il mare, i laghi e i fiumi, attraverso l'indagine dei resti materiali antropici, siano essi navi, porti, approdi o carichi mercantili. Una categoria dell'archeologia marina è l'archeologia nautica, che studia la costruzione delle navi e il loro utilizzo. Una disciplina associata facente parte dell'archeologia stessa è l'archeologia subacquea che studia il passato attraverso i resti sommersi, sia di interesse marittimo che non. Come per l'archeologia nel suo complesso, l'archeologia marittima può riferirsi al periodo storico, industriale, o preistorico. Un esempio di epoca preistorica è l'analisi dei resti sommersi di antichi pozzi o cenote (grotte carsiche), o di siti indigeni che ora giacciono sott'acqua ma che una volta si trovavano ben lontano dal mare o dalle acque dolci. Lo studio di aerei sommersi dispersi in laghi, fiumi o in mare, invece, rappresenta un esempio di epoca storica o industriale. All'interno delle più ampie categorie archeologiche, quella subacquea e quella marittima, negli ultimi anni sono inoltre emerse molte altre sottodiscipline specialistiche. I siti archeologici marittimi sono spesso il risultato di naufragi o, a volte, catastrofi sismiche, e rappresentano quindi un momento ben definito nel tempo, piuttosto che il risultato

di una lenta deposizione di materiale accumulato nel corso di un periodo di anni, come è invece il caso dei porti o delle strutture ad essi correlati, come moli, banchine e pontili, dove gli oggetti vengono persi o gettati nel corso di lunghi periodi di tempo.

Il materiale archeologico in mare o in altri ambienti subacquei, in genere, è sottoposto a diversi fattori o agenti rispetto ai reperti ritrovati sulla terra ferma. Ad ogni modo, come accade per l'archeologia terrestre, ciò che rimane da essere studiato in alcuni casi non è che una piccola porzione del materiale depositatosi originariamente. A volte invece accade che si trovino sott'acqua rari esempi di perfetta conservazione, soprattutto grazie alla difficile accessibilità del sito.

Alcuni specialisti della comunità archeologica vedono l'archeologia marittima come disciplina indipendente, con i propri oggetti di interesse (come i relitti delle navi) e che richiede le competenze specialistiche dell'archeologo subacqueo. Altri privilegiano un approccio integrato, sottolineando che l'attività nautica ha legami economici e sociali con le comunità sulla terra ferma e che l'archeologia rimane tale indipendentemente da dove viene condotto lo studio; tutto ciò che è richiesto è la padronanza di competenze specifiche per l'ambiente in cui avviene il lavoro.

## 2. Nascita dell'archeologia subacquea

La storia dell'archeologia subacquea ha origini antiche che risalgono addirittura al I secolo d.C. e già nell'Iliade e nell'Odissea si faceva accenno a uomini abili a nuotare sotto la superficie marina, definiti come i primi sommozzatori. Nati come pescatori di spugne, su di essi Aristotele svolse i primi studi scientifici in merito ai pericoli riguardanti il corpo umano derivanti dalle frequenti immersioni. Dalle notizie storiche che ci rimangono si conserva il ricordo soprattutto di azioni subacquee legate ad azioni belliche o a fortunati recuperi di ricchezze naufragate.

Pur senza notevoli miglioramenti tecnici delle rudimentali attrezzature già in uso precedentemente, anche nel Rinascimento le immersioni e i recuperi continuarono. In questo periodo sembrarono anzi svilupparsi nuove curiosità e un accresciuto interesse verso l'ignoto mondo marino, insieme a un più costante fervore nella sperimentazione di mezzi atti a permettere all'uomo di operare sott'acqua.

A partire dal XVII secolo si fece più intenso l'utilizzo della campana batoscopica, già nota nell'antica Grecia, che fu l'attrezzatura impiegata più di frequente e quindi anche la più soggetta a continui miglioramenti e sperimentazioni. Notevoli risultati furono conseguiti utilizzando la campana batoscopica, in particolare nel 1664 furono sorprendentemente recuperati a trenta metri di profondità, da un relitto di una nave svedese di nome Vasa affondata nel 1628, una cinquantina di cannoni di bronzo del peso di due tonnellate ciascuno.

Insieme alle sperimentazioni di campane batoscopiche sempre più perfezionate, si giunse gradualmente all'invenzione della prima tuta per palombari che venne realizzata agli inizi del XIX secolo.

Con i successivi miglioramenti delle tute per l'immersione, si aprirono ampie possibilità di lavorare sott'acqua e, all'impiego di palombari, si lega la nascita ufficiale dell'archeologia subacquea, con i recuperi dei preziosi carichi dei relitti di Anticitera (1900- 1901), in Grecia, e di Mahdia (1908- 1913), in Tunisia, che pur rimanendo ben lontani dal soddisfare le esigenze della ricerca scientifica, ne ebbero tuttavia le finalità essenziali.

Successivamente, le casuali scoperte e i recuperi di altre pregevoli sculture contribuirono a mantenere desta l'attenzione sulle ricerche archeologiche

sottomarine, dimostrando, allo stesso tempo, la necessità di programmare gli interventi e di condurli con maggiore rigore scientifico.

Nel 1942, l'invenzione dell'autorespiratore ad aria determinò una vera e propria rivoluzione nel campo delle attività subacquee. L'innovazione, che permise di semplificare notevolmente le attrezzature e i meccanismi di immersione portò a un radicale mutamento anche nelle indagini archeologiche in tale settore consentendo di ampliare e di migliorare la possibilità di intervento. Grazie al nuovo strumento, il numero dei subacquei è andato enormemente ampliandosi soprattutto negli ultimi decenni. Ma a questo aspetto positivo si affianca però come conseguenza negativa, l'impressionante accrescersi delle deprezzazioni a danno dei resti archeologici sottomarini.

Il rapido sviluppo delle tecniche di immersione, di scavo (tra cui l'introduzione della sorbona) e l'individuazione di numerosi relitti specialmente lungo le coste della Provenza e della Liguria condussero alla promozione del I Congresso internazionale di archeologia sottomarina, tenuto a Cannes nel 1955. In esso si evidenziava l'opportunità di organizzare e affrontare metodi di documentazione più rigorosi e scientifici.

Negli anni Settanta, grazie alle esperienze fino ad allora acquisite ed ai risultati raggiunti, si registra una maggiore consapevolezza, nella comunità scientifica internazionale, dell'importanza dell'archeologia subacquea. A fronte di tale situazione, si moltiplicano le iniziative di scavo di rilevante impegno tecnico ed organizzativo, potendo queste ormai contare su strumenti di lavoro pienamente affidabili (sorbona ad aria e ad acqua, lancia ad acqua/boccalino scavafango ecc.), su generalizzate strategie di scavo (sistema della quadratura per saggi regolari ripetuti), su avanzati sistemi di documentazione (fotogrammetria), su consolidate esperienze nell'organizzazione tecnica (navi appositamente armate per l'archeologia subacquea, pontoni galleggianti) e su specialisti del settore di alta professionalità.

Oggi l'archeologia subacquea sta vivendo una tappa importante della sua evoluzione. Lo sviluppo delle conoscenze, sia nel campo della tecnica e dei materiali, quanto in quello della fisiologia, ha consentito il raggiungimento di quote, progressivamente più impegnative, inimmaginabili sino a pochi anni fa. Di conseguenza, il confronto

con relitti sempre più profondi è divenuto tale che, lì dove la tecnica dell'immersione umana non è ancora giunta, ma dove arrivano batiscafi o veicoli subacquei filoguidati, è oramai possibile rilevare, documentare e recuperare giacimenti, relitti e reperti, a quote praticamente abissali. Questa affascinante scienza, che spesso viene erroneamente confusa con il solo recupero di antichi oggetti sommersi, è costituita da specifiche fasi, metodi, mansioni, materiali, attrezzature e normative. L'interesse per la scoperta del passato, l'emozione per il rinvenimento di un reperto e la conseguente appassionata opera di ricostruzione e contestualizzazione storica del ritrovamento, necessitano anche di ogni sforzo teso alla tutela, conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale. L'archeologia subacquea, pur ispirata dalle medesime regole che operano in quella terrestre, proprio a causa del diverso elemento nel quale l'operatore esplica l'attività – sott'acqua – comporta difficoltà particolari, tali da rendere problematico ogni intervento di studio, gestione, tutela e valorizzazione del patrimonio subacqueo ed anche per questo va considerata come scienza autonoma.

[48]



### 3. L'ambiente marino e la conservazione del materiale subacqueo

Ci sono differenze significative nella sopravvivenza del materiale archeologico a seconda del fatto che un sito sia bagnato o asciutto, della natura dell'ambiente chimico, della presenza di organismi biologici e delle forze dinamiche presenti. Così, le coste rocciose, soprattutto in acque basse, sono in genere dannose per la sopravvivenza dei relitti, che possono essere dispersi, distrutti o macinati per effetto di correnti e di onde, possibilmente (ma non sempre) lasciando un modello artefatto ma poca o nessuna struttura relitto.

L'acqua salata è particolarmente dannosa per gli oggetti in ferro e quindi anche per i relitti di metallo, mentre gli organismi marini erodono velocemente il materiale organico come ad esempio i relitti di legno. In altri casi invece, tra tutte le migliaia di potenziali siti archeologici distrutti o gravemente erosi da questi processi naturali, di tanto in tanto,

[48] I resti del relitto *Mary Rose* esposti al *Mary Rose Museum* di Portsmouth, nel Regno Unito



i siti sopravvivono in condizioni di eccezionale conservazione. Un esempio è la Mary Rose. La sopravvivenza in questo caso è dovuta al fatto che i resti siano rimasti sepolti coperti dal sedimento.

Tra i molti esempi in cui il fondo del mare offre un ambiente estremamente ostile per i relitti e i tesori affondati, quello più evidente è il Titanic, che, pur essendo un relitto relativamente giovane e depositatosi in acque profonde, appare forte e relativamente intatto, anche se si hanno indicazioni che un processo di erosione irreversibile del suo scafo in acciaio e ferro è già iniziato. Dal momento che tale degrado inevitabilmente continuerà, i dati saranno persi per sempre, il contesto degli oggetti sarà distrutto e la maggior parte del relitto si deteriorerà completamente sul letto dell'oceano Atlantico nel corso dei prossimi secoli. Le prove comparative effettuate mostrano che tutte le navi in ferro e acciaio, soprattutto quelle in un ambiente altamente ossigenato, continuano a degradarsi e continueranno a farlo fino.

Le grandi condotte sottomarine rischiano di distruggere i siti archeologici e rendere alcuni dei loro resti inaccessibili poiché i tubi vengono calati dalla superficie dell'oceano fino al fondale migliaia di metri più sotto. Inoltre le reti da traino strappano e lacerano le sovrastrutture delle navi affondate e separano i reperti dal loro contesto.

I relitti e altri siti archeologici che sono stati conservati sono generalmente sopravvissuti perché la natura dinamica del fondo del mare ha fatto sì che i manufatti venissero rapidamente sepolti dai sedimenti. Questi sedimenti quindi forniscono un ambiente anaerobico, che protegge da un ulteriore degrado. Ambienti umidi, sia sulla terra sotto forma di torbiere e pozzi, o subacquei sono particolarmente importanti per la sopravvivenza di materiali organici, come il legno, il cuoio, i tessuti e il corno. Anche il freddo e l'assenza di luce garantiscono la sopravvivenza dei manufatti, perché c'è poca energia disponibile sia per l'attività biologica che per reazioni chimiche. L'acqua salata stimola una maggiore attività biologica rispetto all'acqua dolce, e, in particolare, il *teredo navalis* (mollusco del legno), vive solo in acqua salata, quindi alcuni dei relitti meglio conservati in assenza di sedimenti sono stati ritrovati nelle acque fredde e scure dei grandi laghi in nord America e nel mar Baltico.

Mentre la conservazione in situ non è assicurata, il materiale che è sopravvissuto sott'acqua e che viene poi riportato a terra, si trova generalmente in uno stato di instabilità e può essere preservato soltanto

con processi di conservazione altamente specializzati. La sfida per l'archeologo moderno è quella di valutare quale sia l'opzione preferibile tra procedere con una conservazione in situ o recuperare e conservare sulla terra ferma; oppure affrontare il fatto che la conservazione, in qualsiasi sua forma, se non una mera registrazione archeologica, non sia una strada percorribile. Un sito che è stato scoperto è tipicamente sottoposto a perturbazioni sui fattori stessi che hanno causato la sopravvivenza, in primo luogo, per esempio, quando una copertura di sedimento è stata rimossa da tempeste o dall'azione dell'uomo. Un monitoraggio attivo e una protezione possono ridurre ulteriormente la rapida distruzione, ma la sopravvivenza a lungo termine non può mai essere garantito. Per molti siti, i costi sono troppo grandi sia per misure concrete per garantire in loco la conservazione che per fornire per la conservazione dopo il recupero. Anche il costo di una corretta e completa indagine archeologica può essere troppo grande per permettere che questo accada in tempi che assicurino una continua attività lavorativa prima che i dati vengano inevitabilmente persi.

[49]



[49] Il ritrovamento di manufatti archeologici

## 4. Il cantiere in mare e a terra

### *Le fasi preliminari*

Nella maggiorparte dei casi la scoperta di nuovi relitti o di nuovi siti di interesse archeologico è fortuita, ed in genere avviene ad opera di pescatori professionisti o di subacquei sportivi che casualmente effettuano il ritrovamento e ne segnalano la presenza. È necessario dunque, in questo caso, effettuare una serie di ricognizioni preliminari per valutare l'effettiva consistenza del rinvenimento, l'estensione, lo stato di conservazione e la presenza di materiali affioranti, per acquisire tutti i dati necessari (profondità, tipo di fondale, coordinate geografiche rilevate strumentalmente) per una corretta progettazione dell'intervento. L'esecuzione di limitati saggi di pulizia o di controllo, potrà essere utile per valutare la potenzialità stratigrafica del sito. Occorrerà inoltre, in questa fase, verificare l'esistenza di notizie (bibliografiche e/o d'archivio), relative a precedenti ricerche o ritrovamenti nella stessa zona. A seguito di tali verifiche, occorre impostare la documentazione dello stato di fatto in vista del futuro intervento di scavo, posizionando sul fondo, ai margini dell'area di estensione del ritrovamento, una serie di capisaldi topografici numerati (utilizzando, ad esempio, corpi morti in cemento di forma piramidale). In relazione a tali capisaldi, mediante trilaterazioni, saranno rilevati e disegnati in scala adeguata (1:50/1:20) i materiali e le strutture eventualmente affioranti.

La documentazione sarà completata da una serie di sezioni grafiche longitudinali e trasversali e da una serie di riprese fotografiche generali e di dettaglio del sito e dei reperti. È bene evitare, in questa fase, il recupero dei materiali (a meno di pericoli di trafugamento da parte di scavatori clandestini), che certamente comporterebbe l'alterazione del contesto stratigrafico.

### *L'organizzazione dei cantieri*

La fase operativa vera e propria si fonda sui dati conoscitivi acquisiti durante le operazioni preliminari. Una prima discriminante è costituita dalla distanza dalla costa del sito subacqueo da scavare. Uno scavo nelle immediate vicinanze della riva, infatti, permette il posizionamento di attrezzature e supporti logistici direttamente sulla terraferma, semplificando notevolmente i problemi di impianto ed organizzazione del cantiere. Molto più complicato è il caso di uno scavo da effettuare in mare aperto, che

necessita l'allestimento e l'organizzazione coordinata e contemporanea di più cantieri, in mare ed a terra, per lo svolgimento delle operazioni e per la acquisizione e gestione giornaliera dei dati scientifici e dei materiali archeologici.

### *Il cantiere in mare*

Il cantiere da organizzare in mare aperto si articola in due settori, tra loro interdipendenti: uno in superficie (l'imbarcazione appoggio) ed uno sott'acqua (l'area di scavo vera e propria). Molte fortunate imprese archeologiche sono state realizzate con l'impiego di navi appositamente armate ed equipaggiate per la ricerca.

L'imbarcazione ideale, vero e proprio laboratorio galleggiante, è bene che presenti le seguenti caratteristiche:

1. ampio spazio poppiere, in cui collocare i compressori a bassa pressione (ad esempio per l'aria compressa di alimentazione della sorbona) e ad alta pressione (ad esempio per la ricarica dei gruppi di bombole);
2. ampio spazio prodiero, per le operazioni di preparazione all'immersione ed alla emersione degli operatori subacquei;
3. camera iperbarica pluriposto, per gli interventi immediati in caso di incidenti da decompressione;
4. picco di carico, per sollevare dal fondo ed eventualmente salpare a bordo materiali pesanti;
5. locale per l'allestimento di una sorta di stazione di controllo del lavoro in immersione, con monitor e terminali delle telecamere fisse poste sul fondo (per seguire ed eventualmente registrare le varie fasi dello scavo) e del dispositivo telefonico via cavo (per il collegamento continuo con gli operatori subacquei);
6. locale da adibire a laboratorio grafico per la preparazione dei rilievi e disegni da effettuare sott'acqua e per la loro elaborazione al termine di ogni immersione;
7. locale per i primi interventi di restauro dei materiali archeologici;
8. locale per lo stivaggio dei materiali;
9. locale riunioni;
10. eventuali alloggi per l'equipaggio ed il personale impiegato nello scavo, qualora non sia previsto il giornaliero rientro in porto.

Alcuni accorgimenti sono necessari per l'ancoraggio dell'imbarcazione, che deve sempre posizionarsi quasi sulla verticale dell'area di scavo. Uno dei sistemi migliori è predisporre sul fondo almeno quattro corpi

morti (possibilmente disposti secondo i punti cardinali) di peso adeguato alle dimensioni ed alla stazza della nave appoggio, collegati, con cime o catene, a boe in superficie a cui fissare le cime per l'ormeggio (due di prua e due di poppa o due per ogni lato di fiancata).

Per l'organizzazione del cantiere subacqueo sul fondo, vanno inoltre previsti:

1. corpo morto per la boa di segnalazione (norma internazionale: boa gialla a luce intermittente)
2. catena assicurata a corpi morti per l'ancoraggio della parte terminale della sorbona;
3. corpo morto per l'ancoraggio della parte mediana della sorbona;
4. cabina telefonica subacquea, composta da una cupola in materiale plastico trasparente da riempire d'aria, assicurata ad una base ancorata sul fondo (all'interno della cupola è montato il terminale del sistema telefonico collegato via cavo con l'imbarcazione);
5. basi per il fissaggio di una o più telecamere fisse, anche queste collegate via cavo con l'imbarcazione, per la ripresa continua dei lavori di scavo;
6. telai o impalcature leggere per le riprese fotografiche e fotogrammetriche.

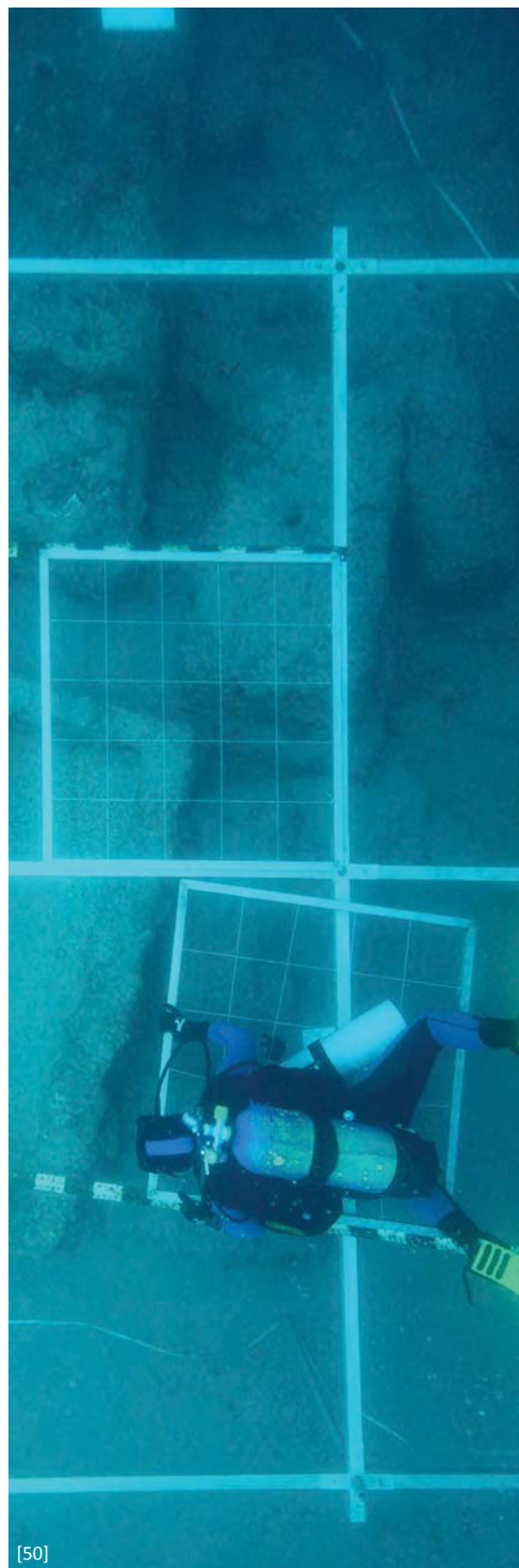
#### *Il cantiere a terra*

Lo svolgimento dei lavori di scavo in mare rende obbligatoria la presenza, sulla terraferma, di una serie di supporti logistici per la gestione contestuale dei dati e dei materiali archeologici e per il corretto funzionamento delle attrezzature:

1. magazzino/laboratorio per il lavaggio, la desalinizzazione, la siglatura, la schedatura, la documentazione, l'inventariazione e la classificazione dei materiali di scavo;
2. magazzino/officina per il deposito e la manutenzione delle attrezzature e degli strumenti impiegati nelle immersioni e nei lavori di scavo;
3. centrale operativa di raccolta ed elaborazione dei dati (archeologici, grafici, fotografici ecc.), provenienti giornalmente dalle operazioni in mare e di preparazione di materiali e programmi per la prosecuzione dell'intervento.

La mole di informazioni di un moderno scavo stratigrafico rende obbligatorio

l'utilizzo di sistemi informatici di acquisizione. La buona riuscita di uno scavo e la corretta impostazione dell'edizione dei risultati dipendono in gran parte dalla possibilità di accedere facilmente a dati bene organizzati e a materiali preliminarmente classificati e siglati nel corso stesso dei lavori di scavo



[50] Rilevamento del fondale marino con il metodo della quadrettatura





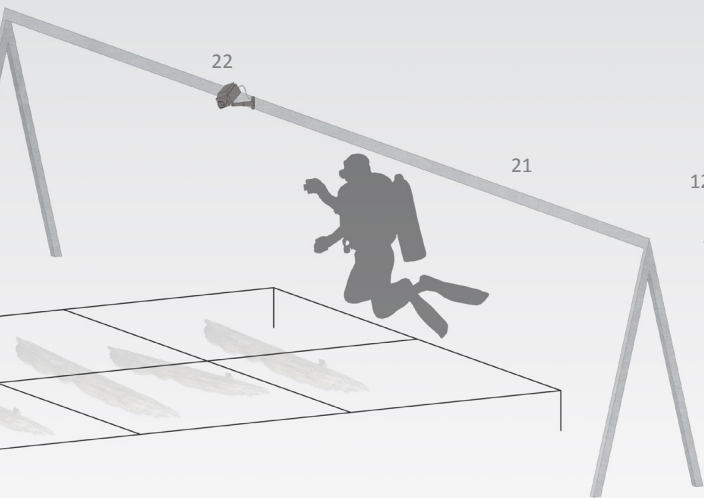
4

5

7



20



22

21

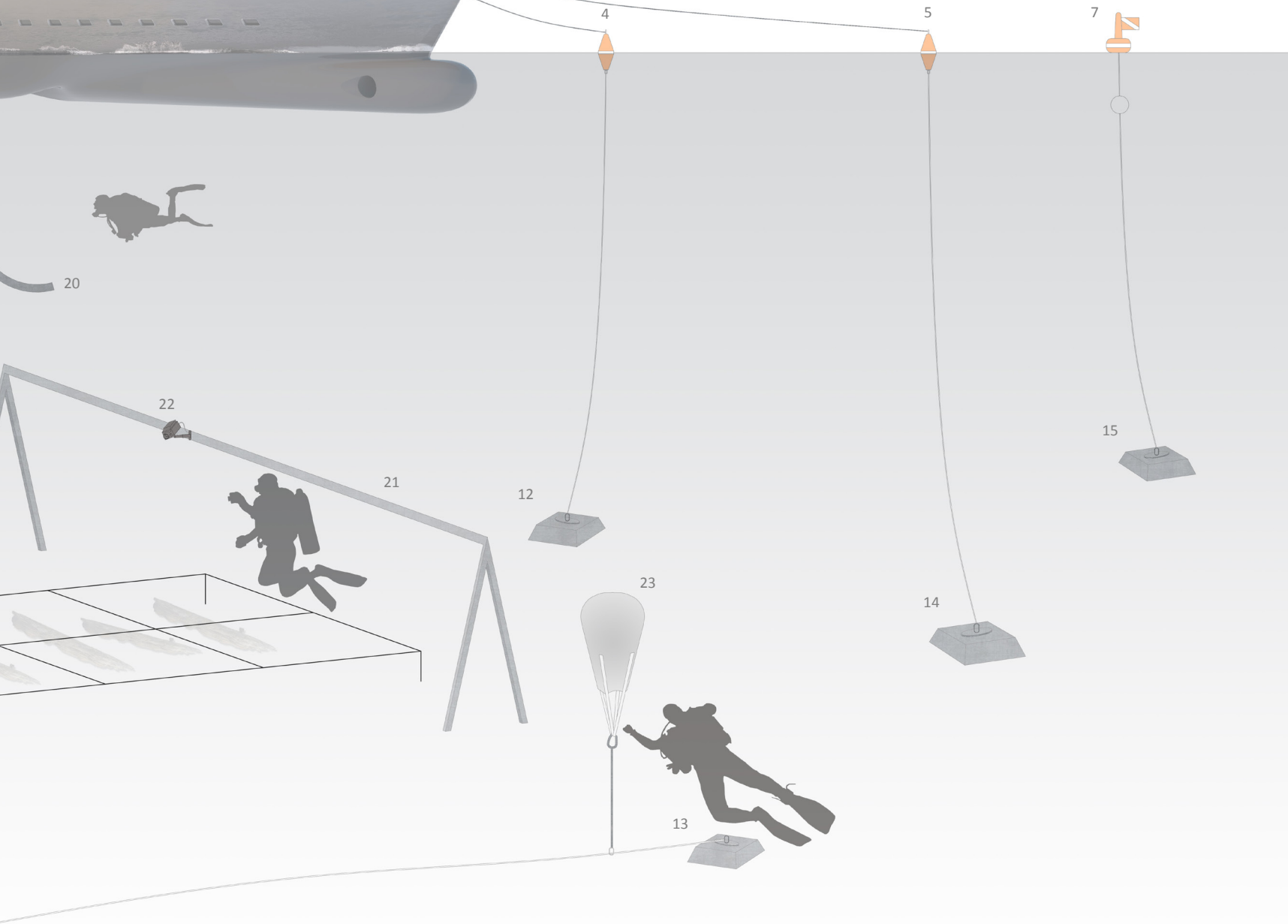
12

23

14

15

13





## STADI FONDAMENTALI DEL PERCORSO METODOLOGICO A CUI È SOTTOPOSTO IL MANUFATTO NELL'ARCHEOLOGIA SOMMERSA

### 1. RICOGNIZIONE DEI FONDALI (senza immersione dell'operatore)

ricognizione aerea

ricognizione per mezzo  
di dispositivi nautici:

- bussola
- allineamenti
- cerchi capaci

ricognizione per mezzo  
di dispositivi elettronici:

- GPS (Global Positioning System)
- DGPS (GPS differenziale)
- radar

### 2. PROSPEZIONE DEI FONDALI

Con immersione dell'operatore:

- sondaggio visivo
- rete a passaggi concentrici e paralleli

Senza immersione dell'operatore:

- ecoscandaglio
- side scan sonar
- multibeam
- magnetometro
- ROV (remotely operated vehicle)
- sottomarini

### 3. RINVENIMENTO

Studio storico-artistico e storico-tecnico:

- fonti dirette (relitti)
- fonti indirette (letterarie, iconografiche, etnografiche)

### 4. PROGETTO DI RECUPERO

Nel caso sia possibile procedere:

- valutazione tecnico-economica degli  
interventi da effettuare

Nel caso non sia possibile procedere:

- si provvede a tutelare il relitto da  
danneggiamenti e da attività clandestine  
(protezione con geo-tessuto, rinterro con  
sacchi di sabbia o altra copertura,  
protezione contro l'attività di pesca)

### 5. RILEVAMENTO

- quadrettatura (sul sito da scavare si dispone un reticolo  
di tubi a formare "quadri di rilievo")
- trilaterazione

### 6. SCAVO

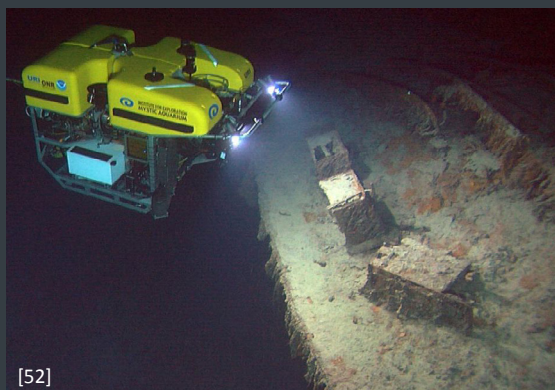
Stratigrafia in ambiente subacqueo:

- sorbona ad aria o ad acqua
- lancia ad acqua
- pompe di drenaggio

Stratigrafie in ambiente subaereo:

- isolamento su un cavalletto ligneo
- pompe di drenaggio
- pulitura del sedimento per mezzo di:
  - lancia ad acqua
  - pompe
  - secchi
  - sessole
  - spugne





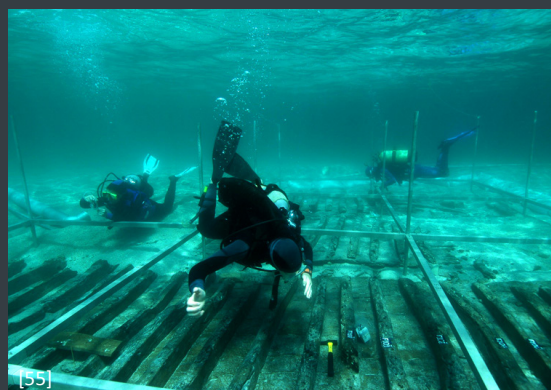
[52]



[53]



[54]



[55]



[56]



[57]

[52] Prospezione del  
fondale marino con  
l'utilizzo del ROV

[53] Rilievo geometrico dei  
reperti

[54] Rilievo fotografico  
dell'area dello scavo

[55] Rilievo della parte  
di fondale marino di  
interesse attraverso la  
quadrettatura

[56] Scavo dei reperti con  
l'uso della sorbona ad aria

[57] Recupero dei reperti  
archeologici con palloni  
ad aria

[58] Interventi di restauro  
sui reperti

[59] Musealizzazione del  
relitto



[58]



[59]

## 5. La convenzione sulla protezione del patrimonio culturale subacqueo

Il patrimonio sottomarino comprende tutte le tracce dell'esistenza umana che si trovano o che si trovavano sommerse dall'acqua e che rappresentano un valore storico o culturale. L'UNESCO riconobbe l'urgente necessità di preservare e proteggere questo patrimonio e nel 2001, elaborò la “*Convenzione sulla protezione del patrimonio culturale subacqueo*”.

La Convenzione, adottata il 2 novembre 2001 alla Conferenza generale dell'UNESCO tenutasi a Parigi, è strutturata in due parti: dal testo principale, composto di 35 articoli e dall'Allegato, composto da 36 regole, che si struttura come un manuale per la conservazione e la valorizzazione dei beni.

Attualmente, il patrimonio subacqueo è sottoposto a sempre più minacce. Da un lato, lo scavo subacqueo è effettuato con attrezzature professionali di alto livello, ma dall'altro, persiste il pericolo rappresentato dai cacciatori di tesori. Inoltre, l'attività di recupero di oggetti può portare alla loro distruzione a causa della mancanza di un'adeguata conservazione.

Nel corso dei millenni, l'acqua ha diviso ma anche unito le civiltà facendo da vettore per molte avventure umane. Molte importanti tracce di viaggiatori, guerrieri e mercanti ora giacciono sul fondo del mare.

La Convenzione sopracitata si propone di consentire agli Stati di proteggere questo patrimonio.

### *Le linee principali*

La Convenzione stabilisce i principi fondamentali per la tutela del patrimonio culturale subacqueo, fornisce un sistema dettagliato di cooperazione e regole pratiche per il trattamento e la ricerca del patrimonio sommerso. Si compone di un testo principale e di un allegato che definisce le “regole per le attività dirette al patrimonio culturale subacqueo”.

### *Principi fondamentali*

1. *L'obbligo di preservare il patrimonio culturale subacqueo* - i membri firmatari della Convenzione devono preservare il patrimonio culturale subacqueo e agire di conseguenza. Questo non significa che gli Stati debbano necessariamente intraprendere scavi archeologici, ma adottare misure adeguate in base alle loro capacità. La Convenzione promuove la ricerca scientifica e la promozione al pubblico.

2. *Conservazione in situ, come “opzione preferita”*; la conservazione del patrimonio culturale subacqueo (nella sua posizione originale) deve essere considerata l'opzione preferita prima di consentire l'avviamento di qualsiasi altra attività. Il recupero di oggetti può essere autorizzato al fine di dare un contributo significativo per la loro conservazione o la diffusione della conoscenza del patrimonio culturale subacqueo.

3. *Divieto dello sfruttamento commerciale*; la Convenzione stabilisce che il patrimonio culturale subacqueo non deve essere sfruttato per il commercio o la speculazione e non deve essere irrimediabilmente perduto. Questo regolamento è conforme ai principi morali già applicati ai beni culturali sul territorio, e non deve essere visto come un ostacolo alla ricerca archeologica o di accesso turistico.

4. *Formazione e condivisione delle informazioni*; molti stati non hanno una conoscenza sufficiente di archeologia subacquea. La convenzione incoraggia pertanto la formazione, nonché il trasferimento di tecnologie e la condivisione di informazioni in questo settore.

La Convenzione del 2001 non disciplina la proprietà dei relitti, né cerca di modificare i diritti di sovranità degli Stati membri.

### *L'Allegato alla convenzione*

L'art. 33 della Convenzione prevede che le regole allegate siano parte integrante della stessa. L'Allegato alla Convenzione contiene, appunto, 36 regole, costituite da disposizioni pratiche molto dettagliate riguardanti le attività dirette alla tutela del patrimonio culturale subacqueo. Tali regole, largamente riconosciute e applicate, sono diventate, negli anni, un punto di riferimento nel campo degli scavi e dell'archeologia subacquea, e il loro inserimento nella Convenzione viene ritenuto una grande acquisizione.

Esse includono:

- regole relative alla costituzione di un progetto;
- linee guida riguardanti la competenza e la qualificazione richiesta alle persone che dovranno operare gli interventi sui beni culturali subacquei;
- metodologie sulla conservazione e la gestione dei siti.

### *Contenuto del disegno di legge di ratifica*

*Legge 23 ottobre 2009, n. 157*

In Italia, prima della Legge n. 157, la tutela del patrimonio culturale sommerso era disciplinata dall'articolo 94 del Codice dei beni culturali e



paesaggistici.

Dall'8 aprile 2010, con l'entrata in vigore della Legge n. 157, che ratifica la convenzione UNESCO 2001 con Allegato, l'Italia dispone piena e intera esecuzione alla convenzione sulla protezione del patrimonio culturale sommerso.

Da evidenziare in particolare gli articoli seguenti:

- *L'articolo 3* prevede che nel caso in cui la zona compresa tra le 12 e le 24 miglia nautiche si sovrapponga con analoga zona di un altro Stato e non sia ancora intervenuto un accordo di delimitazione, le competenze dello Stato italiano non si estendano oltre la linea mediana come definita all'art. 1, co. 3, della legge n. 61/2006.
- In base all'*articolo 4*, la disciplina dei ritrovamenti nelle zone di protezione ecologica, oltre le 24 miglia marine dalla linea di base del mare territoriale italiano, coincide con quella dei ritrovamenti nella zona economica esclusiva e sulla piattaforma continentale contenuta negli articoli 9 e 10 della Convenzione, cui viene fatto rinvio (l'istituzione di zone di protezione ecologica è disciplinata dalla citata legge 8 febbraio 2006, n. 61).
- In base all'*articolo 6*, comma 1, che a sua volta richiama l'art. 11, par. 1 della Convenzione, i ritrovamenti nell'area internazionale dei fondi marini e nel relativo sottosuolo, o l'impegno a procedere ad interventi su tale patrimonio, devono essere denunciati al Ministero degli Affari Esteri. Il MAE trasmetterà poi tale denuncia al Ministero per i Beni e le Attività Culturali, nonché al Ministero della Difesa se il bene in questione è una nave di Stato o da guerra.
- *L'articolo 8* assegna al Ministero per i Beni e le Attività Culturali il ruolo di autorità competente per le operazioni di inventariazione, protezione, conservazione e gestione del patrimonio culturale subacqueo, in ottemperanza dell'art. 22 della Convenzione.
- *L'articolo 9* prevede, in aggiunta a quanto già disposto dalle Regole 10, 26 e 27, che la descrizione del progetto di intervento sul patrimonio culturale subacqueo e il programma di documentazione rechino anche l'indicazione delle coordinate geografiche del sito, con la sua possibile estensione, o il luogo dove il rinvenimento è stato effettuato.
- *L'articolo 10* è dedicato alle sanzioni comminabili a tutti coloro che non denuncino il ritrovamento o l'intenzione di effettuare un intervento sul patrimonio culturale subacqueo così come a coloro che introduca o commerci beni del patrimonio culturale subacqueo recuperati senza autorizzazione.

[60] Ritrovamento di anfore in un sito archeologico





United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization



The Protection of the  
Underwater Cultural Heritage

# The 2001 Convention on the Protection of the Underwater Cultural Heritage



(Paris, 2 November 2001)

The General Conference of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, meeting in Paris from 15 October to 3 November 2001, at its 31st session,

**Acknowledging** the importance of underwater cultural heritage as an integral part of the cultural heritage of humanity and a particularly important element in the history of peoples, nations, and their relations with each other concerning their common heritage,

**Realizing** the importance of protecting and preserving the underwater cultural heritage and that responsibility therefor rests with all States,

**Noting** growing public interest in and public appreciation of underwater cultural heritage,

**Convinced** of the importance of research, information and education to the protection and preservation of underwater cultural heritage,

**Convinced** of the public's right to enjoy the educational and recreational benefits of responsible nonintrusive access to in situ underwater cultural heritage, and of the value of public education to contribute to awareness, appreciation and protection of that heritage,

**Aware** of the fact that underwater cultural heritage is threatened by unauthorized activities directed at it, and of the need for stronger measures to prevent such activities,

**Conscious** of the need to respond appropriately to the possible negative impact on underwater cultural heritage of legitimate activities that may incidentally affect it,

**Deeply** concerned by the increasing commercial exploitation of underwater cultural heritage, and in particular by certain activities aimed at the sale, acquisition or barter of underwater cultural heritage,

**Aware** of the availability of advanced technology that enhances discovery of and access to underwater cultural heritage,

**Believing** that cooperation among States, international organizations, scientific institutions, professional organizations, archaeologists, divers, other interested parties and the public at large is essential for the protection of underwater cultural heritage,

**Considering** that survey, excavation and protection of underwater cultural heritage necessitate the availability and application of special scientific methods and the use of suitable techniques and equipment as well as a high degree of professional specialization, all of which indicate a need for uniform governing criteria,

**Realizing** the need to codify and progressively develop rules relating to the protection and preservation of underwater cultural heritage in conformity with international law and practice, including the UNESCO Convention on the Means of Prohibiting and Preventing the Illicit Import,

Export and Transfer of Ownership of Cultural Property of 14 November 1970, the UNESCO Convention for the Protection of the World Cultural and Natural Heritage of 16 November 1972 and the United Nations Convention on the Law of the Sea of 10 December 1982,

**Committed** to improving the effectiveness of measures at international, regional and national levels for the preservation in situ or, if necessary for scientific or protective purposes, the careful recovery of underwater cultural heritage,

**Having** decided at its twenty-ninth session that this question should be made the subject of an international convention,

Adopts this second day of November 2001 this Convention.

### Article 1 - Definitions

For the purposes of this Convention:

1. (a) "Underwater cultural heritage" means all traces of human existence having a cultural, historical or archaeological character which have been partially or totally under water, periodically or continuously, for at least 100 years such as:

- (i) sites, structures, buildings, artefacts and human remains, together with their archaeological and natural context;
- (ii) vessels, aircraft, other vehicles or any part thereof, their cargo or other contents, together with their archaeological and natural context; and
- (iii) objects of prehistoric character.

(b) Pipelines and cables placed on the seabed shall not be considered as underwater cultural heritage.

(c) Installations other than pipelines and cables, placed on the seabed and still in use, shall not be considered as underwater cultural heritage.

2. (a) "States Parties" means States which have consented to be bound by this Convention and for which this Convention is in force.

(b) This Convention applies *mutatis mutandis* to those territories referred to in Article 26, paragraph 2(b), which become Parties to this Convention in accordance with the conditions set out in that paragraph, and to that extent "States Parties" refers to those territories.

3. "UNESCO" means the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.

4. "Director-General" means the Director-General of UNESCO.

5. "Area" means the seabed and ocean floor and subsoil thereof, beyond the limits of national jurisdiction.

6. "Activities directed at underwater cultural heritage" means activities having underwater cultural heritage as their primary object and which may, directly or indirectly, physically disturb or otherwise damage underwater cultural heritage.



7. “Activities incidentally affecting underwater cultural heritage” means activities which, despite not having underwater cultural heritage as their primary object or one of their objects, may physically disturb or otherwise damage underwater cultural heritage.

8. “State vessels and aircraft” means warships, and other vessels or aircraft that were owned or operated by a State and used, at the time of sinking, only for government non-commercial purposes, that are identified as such and that meet the definition of underwater cultural heritage.

9. “Rules” means the Rules concerning activities directed at underwater cultural heritage, as referred to in Article 33 of this Convention.

#### **Article 2 - Objectives and general principles**

1. This Convention aims to ensure and strengthen the protection of underwater cultural heritage.

2. States Parties shall cooperate in the protection of underwater cultural heritage.

3. States Parties shall preserve underwater cultural heritage for the benefit of humanity in conformity with the provisions of this Convention.

4. States Parties shall, individually or jointly as appropriate, take all appropriate measures in conformity with this Convention and with international law that are necessary to protect underwater cultural heritage, using for this purpose the best practicable means at their disposal and in accordance with their capabilities.

5. The preservation in situ of underwater cultural heritage shall be considered as the first option before allowing or engaging in any activities directed at this heritage.

6. Recovered underwater cultural heritage shall be deposited, conserved and managed in a manner that ensures its long-term preservation.

7. Underwater cultural heritage shall not be commercially exploited.

8. Consistent with State practice and international law, including the United Nations Convention on the Law of the Sea, nothing in this Convention shall be interpreted as modifying the rules of international law and State practice pertaining to sovereign immunities, nor any State’s rights with respect to its State vessels and aircraft.

9. States Parties shall ensure that proper respect is given to all human remains located in maritime waters.

10. Responsible non-intrusive access to observe or document in situ underwater cultural heritage shall be encouraged to create public awareness, appreciation, and protection of the heritage except where such access is incompatible with its protection and management.

11. No act or activity undertaken on the basis of this Convention shall constitute grounds for claiming, contending or disputing any claim to national sovereignty or jurisdiction.

#### **Article 3 - Relationship between this Convention and the United Nations Convention on the Law of the Sea**

Nothing in this Convention shall prejudice the rights, jurisdiction and duties of States under international law, including the United Nations Convention on the Law of the Sea. This Convention shall be interpreted and applied in the context of and in a manner consistent with international law, including the United Nations Convention on the Law of the Sea.

#### **Article 4 - Relationship to law of salvage and law of finds**

Any activity relating to underwater cultural heritage to which this Convention applies shall not be subject to the law of salvage or law of finds, unless it:

- (a) is authorized by the competent authorities, and
- (b) is in full conformity with this Convention, and
- (c) ensures that any recovery of the underwater cultural heritage achieves its maximum protection.

#### **Article 5 - Activities incidentally affecting underwater cultural heritage**

Each State Party shall use the best practicable means at its disposal to prevent or mitigate any adverse effects that might arise from activities under its jurisdiction incidentally affecting underwater cultural heritage.

#### **Article 6 - Bilateral, regional or other multilateral agreements**

1. States Parties are encouraged to enter into bilateral, regional or other multilateral agreements or develop existing agreements, for the preservation of underwater cultural heritage. All such agreements shall be in full conformity with the provisions of this Convention and shall not dilute its universal character. States may, in such agreements, adopt rules and regulations which would ensure better protection of underwater cultural heritage than those adopted in this Convention.

2. The Parties to such bilateral, regional or other multilateral agreements may invite States with a verifiable link, especially a cultural, historical or archaeological link, to the underwater cultural heritage concerned to join such agreements.

3. This Convention shall not alter the rights and obligations of States Parties regarding the protection of sunken vessels, arising from other bilateral, regional or other multilateral agreements concluded before its adoption, and, in particular, those that are in conformity with the purposes of this Convention.

#### **Article 7 - Underwater cultural heritage in internal waters, archipelagic waters and territorial sea**

1. States Parties, in the exercise of their sovereignty, have the



exclusive right to regulate and authorize activities directed at underwater cultural heritage in their internal waters, archipelagic waters and territorial sea.

2. Without prejudice to other international agreements and rules of international law regarding the protection of underwater cultural heritage, States Parties shall require that the Rules be applied to activities directed at underwater cultural heritage in their internal waters, archipelagic waters and territorial sea.

3. Within their archipelagic waters and territorial sea, in the exercise of their sovereignty and in recognition of general practice among States, States Parties, with a view to cooperating on the best methods of protecting State vessels and aircraft, should inform the flag State Party to this Convention and, if applicable, other States with a verifiable link, especially a cultural, historical or archaeological link, with respect to the discovery of such identifiable State vessels and aircraft.

#### **Article 8 - Underwater cultural heritage in the contiguous zone**

Without prejudice to and in addition to Articles 9 and 10, and in accordance with Article 303, paragraph 2, of the United Nations Convention on the Law of the Sea, States Parties may regulate and authorize activities directed at underwater cultural heritage within their contiguous zone. In so doing, they shall require that the Rules be applied.

#### **Article 9 - Reporting and notification in the exclusive economic zone and on the continental shelf**

1. All States Parties have a responsibility to protect underwater cultural heritage in the exclusive economic zone and on the continental shelf in conformity with this Convention. Accordingly:

(a) a State Party shall require that when its national, or a vessel flying its flag, discovers or intends to engage in activities directed at underwater cultural heritage located in its exclusive economic zone or on its continental shelf, the national or the master of the vessel shall report such discovery or activity to it;

(b) in the exclusive economic zone or on the continental shelf of another State Party:

(i) States Parties shall require the national or the master of the vessel to report such discovery or activity to them and to that other State Party;

(ii) alternatively, a State Party shall require the national or master of the vessel to report such discovery or activity to it and shall ensure the rapid and effective transmission of such reports to all other States Parties.

2. On depositing its instrument of ratification, acceptance, approval or accession, a State Party shall declare the manner in which reports will be transmitted under paragraph 1(b)

of this Article.

3. A State Party shall notify the Director-General of discoveries or activities reported to it under paragraph 1 of this Article.

4. The Director-General shall promptly make available to all States Parties any information notified to him under paragraph 3 of this Article.

5. Any State Party may declare to the State Party in whose exclusive economic zone or on whose continental shelf the underwater cultural heritage is located its interest in being consulted on how to ensure the effective protection of that underwater cultural heritage. Such declaration shall be based on a verifiable link, especially a cultural, historical or archaeological link, to the underwater cultural heritage concerned.

#### **Article 10 - Protection of underwater cultural heritage in the exclusive economic zone and on the continental shelf**

1. No authorization shall be granted for an activity directed at underwater cultural heritage located in the exclusive economic zone or on the continental shelf except in conformity with the provisions of this Article.

2. A State Party in whose exclusive economic zone or on whose continental shelf underwater cultural heritage is located has the right to prohibit or authorize any activity directed at such heritage to prevent interference with its sovereign rights or jurisdiction as provided for by international law including the United Nations Convention on the Law of the Sea.

3. Where there is a discovery of underwater cultural heritage or it is intended that activity shall be directed at underwater cultural heritage in a State Party's exclusive economic zone or on its continental shelf, that State Party shall:

(a) consult all other States Parties which have declared an interest under Article 9, paragraph 5, on how best to protect the underwater cultural heritage;

(b) coordinate such consultations as "Coordinating State", unless it expressly declares that it does not wish to do so, in which case the States Parties which have declared an interest under Article 9, paragraph 5, shall appoint a Coordinating State.

4. Without prejudice to the duty of all States Parties to protect underwater cultural heritage by way of all practicable measures taken in accordance with international law to prevent immediate danger to the underwater cultural heritage, including looting, the Coordinating State may take all practicable measures, and/or issue any necessary authorizations in conformity with this Convention and, if necessary prior to consultations, to prevent any immediate danger to the underwater cultural heritage, whether arising from human activities or any other cause, including looting.

In taking such measures assistance may be requested from other States Parties.

5. The Coordinating State:

(a) shall implement measures of protection which have been agreed by the consulting States, which include the Coordinating State, unless the consulting States, which include the Coordinating State, agree that another State Party shall implement those measures;

(b) shall issue all necessary authorizations for such agreed measures in conformity with the Rules, unless the consulting States, which include the Coordinating State, agree that another State Party shall issue those authorizations;

(c) may conduct any necessary preliminary research on the underwater cultural heritage and shall issue all necessary authorizations therefore, and shall promptly inform the Director-General of the results, who in turn will make such information promptly available to other States Parties.

6. In coordinating consultations, taking measures, conducting preliminary research and/or issuing authorizations pursuant to this Article, the Coordinating State shall act on behalf of the States Parties as a whole and not in its own interest. Any such action shall not in itself constitute a basis for the assertion of any preferential or jurisdictional rights not provided for in international law, including the United Nations Convention on the Law of the Sea.

7. Subject to the provisions of paragraphs 2 and 4 of this Article, no activity directed at State vessels and aircraft shall be conducted without the agreement of the flag State and the collaboration of the Coordinating State.

#### **Article 11 - Reporting and notification in the Area**

1. States Parties have a responsibility to protect underwater cultural heritage in the Area in conformity with this Convention and Article 149 of the United Nations Convention on the Law of the Sea. Accordingly when a national, or a vessel flying the flag of a State Party, discovers or intends to engage in activities directed at underwater cultural heritage located in the Area, that State Party shall require its national, or the master of the vessel, to report such discovery or activity to it.

2. States Parties shall notify the Director-General and the Secretary-General of the International Seabed Authority of such discoveries or activities reported to them.

3. The Director-General shall promptly make available to all States Parties any such information supplied by States Parties.

4. Any State Party may declare to the Director-General its interest in being consulted on how to ensure the effective protection of that underwater cultural heritage. Such declaration shall be based on a verifiable link to the underwater cultural heritage concerned, particular regard

being paid to the preferential rights of States of cultural, historical or archaeological origin.

#### **Article 12 - Protection of underwater cultural heritage in the Area**

1. No authorization shall be granted for any activity directed at underwater cultural heritage located in the Area except in conformity with the provisions of this Article.

2. The Director-General shall invite all States Parties which have declared an interest under Article 11, paragraph 4, to consult on how best to protect the underwater cultural heritage, and to appoint a State Party to coordinate such consultations as the "Coordinating State". The Director-General shall also invite the International Seabed Authority to participate in such consultations.

3. All States Parties may take all practicable measures in conformity with this Convention, if necessary prior to consultations, to prevent any immediate danger to the underwater cultural heritage, whether arising from human activity or any other cause including looting.

4. The Coordinating State shall:

(a) implement measures of protection which have been agreed by the consulting States, which include the Coordinating State, unless the consulting States, which include the Coordinating State, agree that another State Party shall implement those measures; and

(b) issue all necessary authorizations for such agreed measures, in conformity with this Convention, unless the consulting States, which include the Coordinating State, agree that another State Party shall issue those authorizations.

5. The Coordinating State may conduct any necessary preliminary research on the underwater cultural heritage and shall issue all necessary authorizations therefor, and shall promptly inform the Director-General of the results, who in turn shall make such information available to other States Parties.

6. In coordinating consultations, taking measures, conducting preliminary research, and/or issuing authorizations pursuant to this Article, the Coordinating State shall act for the benefit of humanity as a whole, on behalf of all States Parties. Particular regard shall be paid to the preferential rights of States of cultural, historical or archaeological origin in respect of the underwater cultural heritage concerned.

7. No State Party shall undertake or authorize activities directed at State vessels and aircraft in the Area without the consent of the flag State.

#### **Article 13 - Sovereign immunity**

Warships and other government ships or military aircraft with sovereign immunity, operated for noncommercial

purposes, undertaking their normal mode of operations, and not engaged in activities directed at underwater cultural heritage, shall not be obliged to report discoveries of underwater cultural heritage under Articles 9, 10, 11 and 12 of this Convention. However States Parties shall ensure, by the adoption of appropriate measures not impairing the operations or operational capabilities of their warships or other government ships or military aircraft with sovereign immunity operated for noncommercial purposes, that they comply, as far as is reasonable and practicable, with Articles 9, 10, 11 and 12 of this Convention.

#### **Article 14 - Control of entry into the territory, dealing and possession**

States Parties shall take measures to prevent the entry into their territory, the dealing in, or the possession of, underwater cultural heritage illicitly exported and/or recovered, where recovery was contrary to this Convention.

#### **Article 15 - Non-use of areas under the jurisdiction of States Parties**

States Parties shall take measures to prohibit the use of their territory, including their maritime ports, as well as artificial islands, installations and structures under their exclusive jurisdiction or control, in support of any activity directed at underwater cultural heritage which is not in conformity with this Convention.

#### **Article 16 - Measures relating to nationals and vessels**

States Parties shall take all practicable measures to ensure that their nationals and vessels flying their flag do not engage in any activity directed at underwater cultural heritage in a manner not in conformity with this Convention.

#### **Article 17 - Sanctions**

1. Each State Party shall impose sanctions for violations of measures it has taken to implement this Convention.
2. Sanctions applicable in respect of violations shall be adequate in severity to be effective in securing compliance with this Convention and to discourage violations wherever they occur and shall deprive offenders of the benefit deriving from their illegal activities.
3. States Parties shall cooperate to ensure enforcement of sanctions imposed under this Article.

#### **Article 18 - Seizure and disposition of underwater cultural heritage**

1. Each State Party shall take measures providing for the seizure of underwater cultural heritage in its territory that has been recovered in a manner not in conformity with this Convention.
2. Each State Party shall record, protect and take all

reasonable measures to stabilize underwater cultural heritage seized under this Convention.

3. Each State Party shall notify the Director-General and any other State with a verifiable link, especially a cultural, historical or archaeological link, to the underwater cultural heritage concerned of any seizure of underwater cultural heritage that it has made under this Convention.

4. A State Party which has seized underwater cultural heritage shall ensure that its disposition be for the public benefit, taking into account the need for conservation and research; the need for reassembly of a dispersed collection; the need for public access, exhibition and education; and the interests of any State with a verifiable link, especially a cultural, historical or archaeological link, in respect of the underwater cultural heritage concerned.

#### **Article 19 - Cooperation and information-sharing**

1. States Parties shall cooperate and assist each other in the protection and management of underwater cultural heritage under this Convention, including, where practicable, collaborating in the investigation, excavation, documentation, conservation, study and presentation of such heritage.

2. To the extent compatible with the purposes of this Convention, each State Party undertakes to share information with other States Parties concerning underwater cultural heritage, including discovery of heritage, location of heritage, heritage excavated or recovered contrary to this Convention or otherwise in violation of international law, pertinent scientific methodology and technology, and legal developments relating to such heritage.

3. Information shared between States Parties, or between UNESCO and States Parties, regarding the discovery or location of underwater cultural heritage shall, to the extent compatible with their national legislation, be kept confidential and reserved to competent authorities of States Parties as long as the disclosure of such information might endanger or otherwise put at risk the preservation of such underwater cultural heritage.

4. Each State Party shall take all practicable measures to disseminate information, including where feasible through appropriate international databases, about underwater cultural heritage excavated or recovered contrary to this Convention or otherwise in violation of international law.

#### **Article 20 - Public awareness**

Each State Party shall take all practicable measures to raise public awareness regarding the value and significance of underwater cultural heritage and the importance of protecting it under this Convention.

#### **Article 21 - Training in underwater archaeology**

States Parties shall cooperate in the provision of training in

underwater archaeology, in techniques for the conservation of underwater cultural heritage and, on agreed terms, in the transfer of technology relating to underwater cultural heritage.

#### **Article 22 - Competent authorities**

1. In order to ensure the proper implementation of this Convention, States Parties shall establish competent authorities or reinforce the existing ones where appropriate, with the aim of providing for the establishment, maintenance and updating of an inventory of underwater cultural heritage, the effective protection, conservation, presentation and management of underwater cultural heritage, as well as research and education.

2. States Parties shall communicate to the Director-General the names and addresses of their competent authorities relating to underwater cultural heritage.

#### **Article 23 - Meetings of States Parties**

1. The Director-General shall convene a Meeting of States Parties within one year of the entry into force of this Convention and thereafter at least once every two years. At the request of a majority of States Parties, the Director-General shall convene an Extraordinary Meeting of States Parties.

2. The Meeting of States Parties shall decide on its functions and responsibilities.

3. The Meeting of States Parties shall adopt its own Rules of Procedure.

4. The Meeting of States Parties may establish a Scientific and Technical Advisory Body composed of experts nominated by the States Parties with due regard to the principle of equitable geographical distribution and the desirability of a gender balance.

5. The Scientific and Technical Advisory Body shall appropriately assist the Meeting of States Parties in questions of a scientific or technical nature regarding the implementation of the Rules.

#### **Article 24 - Secretariat for this Convention**

1. The Director-General shall be responsible for the functions of the Secretariat for this Convention.

2. The duties of the Secretariat shall include:

- (a) organizing Meetings of States Parties as provided for in Article 23, paragraph 1; and
- (b) assisting States Parties in implementing the decisions of the Meetings of States Parties.

#### **Article 25 - Peaceful settlement of disputes**

1. Any dispute between two or more States Parties concerning the interpretation or application of this Convention shall be subject to negotiations in good faith or other peaceful

means of settlement of their own choice.

2. If those negotiations do not settle the dispute within a reasonable period of time, it may be submitted to UNESCO for mediation, by agreement between the States Parties concerned.

3. If mediation is not undertaken or if there is no settlement by mediation, the provisions relating to the settlement of disputes set out in Part XV of the United Nations Convention on the Law of the Sea apply mutatis mutandis to any dispute between States Parties to this Convention concerning the interpretation or application of this Convention, whether or not they are also Parties to the United Nations Convention on the Law of the Sea.

4. Any procedure chosen by a State Party to this Convention and to the United Nations Convention on the Law of the Sea pursuant to Article 287 of the latter shall apply to the settlement of disputes under this Article, unless that State Party, when ratifying, accepting, approving or acceding to this Convention, or at any time thereafter, chooses another procedure pursuant to Article 287 for the purpose of the settlement of disputes arising out of this Convention.

5. A State Party to this Convention which is not a Party to the United Nations Convention on the Law of the Sea, when ratifying, accepting, approving or acceding to this Convention or at any time thereafter shall be free to choose, by means of a written declaration, one or more of the means set out in Article 287, paragraph 1, of the United Nations Convention on the Law of the Sea for the purpose of settlement of disputes under this Article. Article 287 shall apply to such a declaration, as well as to any dispute to which

such State is party, which is not covered by a declaration in force. For the purpose of conciliation and arbitration, in accordance with Annexes V and VII of the United Nations Convention on the Law of the Sea, such State shall be entitled to nominate conciliators and arbitrators to be included in the lists referred to in Annex V, Article 2, and Annex VII, Article 2, for the settlement of disputes arising out of this Convention.

#### **Article 26 - Ratification, acceptance, approval or accession**

1. This Convention shall be subject to ratification, acceptance or approval by Member States of UNESCO.

2. This Convention shall be subject to accession:

- (a) by States that are not members of UNESCO but are members of the United Nations or of a specialized agency within the United Nations system or of the International Atomic Energy Agency, as well as by States Parties to the Statute of the International Court of Justice and any other State invited to accede to this Convention by the General Conference of UNESCO;

(b) by territories which enjoy full internal self-government, recognized as such by the United Nations, but have not attained full independence in accordance with General Assembly resolution 1514 (XV) and which have competence over the matters governed by this Convention, including the competence to enter into treaties in respect of those matters.

3. The instruments of ratification, acceptance, approval or accession shall be deposited with the Director-General.

#### **Article 27 - Entry into force**

This Convention shall enter into force three months after the date of the deposit of the twentieth instrument referred to in Article 26, but solely with respect to the twenty States or territories that have so deposited their instruments. It shall enter into force for each other State or territory three months after the date on which that State or territory has deposited its instrument.

#### **Article 28 - Declaration as to inland waters**

When ratifying, accepting, approving or acceding to this Convention or at any time thereafter, any State or territory may declare that the Rules shall apply to inland waters not of a maritime character.

#### **Article 29 - Limitations to geographical scope**

At the time of ratifying, accepting, approving or acceding to this Convention, a State or territory may make a declaration to the depositary that this Convention shall not be applicable to specific parts of its territory, internal waters, archipelagic waters or territorial sea, and shall identify therein the reasons for such declaration. Such State shall, to the extent practicable and as quickly as possible, promote conditions under which this Convention will apply to the areas specified in its declaration, and to that end shall also withdraw its declaration in whole or in part as soon as that has been achieved.

#### **Article 30 - Reservations**

With the exception of Article 29, no reservations may be made to this Convention.

#### **Article 31 - Amendments**

1. A State Party may, by written communication addressed to the Director-General, propose amendments to this Convention. The Director-General shall circulate such communication to all States Parties. If, within six months from the date of the circulation of the communication, not less than one half of the States Parties reply favourably to the request, the Director-General shall present such proposal to the next Meeting

of States Parties for discussion and possible adoption.

2. Amendments shall be adopted by a two-thirds majority of States Parties present and voting.

3. Once adopted, amendments to this Convention shall be subject to ratification, acceptance, approval or accession by the States Parties.

4. Amendments shall enter into force, but solely with respect to the States Parties that have ratified, accepted, approved or acceded to them, three months after the deposit of the instruments referred to in paragraph 3 of this Article by two thirds of the States Parties. Thereafter, for each State or territory that ratifies, accepts, approves or accedes to it, the amendment shall enter into force three months after the

date of deposit by that Party of its instrument of ratification, acceptance, approval or accession.

5. A State or territory which becomes a Party to this Convention after the entry into force of amendments in conformity with paragraph 4 of this Article shall, failing an expression of different intention by that State or territory, be considered:

(a) as a Party to this Convention as so amended; and

(b) as a Party to the unamended Convention in relation to any State Party not bound by the amendment.

#### **Article 32 - Denunciation**

1. A State Party may, by written notification addressed to the Director-General, denounce this Convention.

2. The denunciation shall take effect twelve months after the date of receipt of the notification, unless the notification specifies a later date.

3. The denunciation shall not in any way affect the duty of any State Party to fulfil any obligation embodied in this Convention to which it would be subject under international law independently of this Convention.

#### **Article 33 - The Rules**

The Rules annexed to this Convention form an integral part of it and, unless expressly provided otherwise, a reference to this Convention includes a reference to the Rules.

#### **Article 34 - Registration with the United Nations**

In conformity with Article 102 of the Charter of the United Nations, this Convention shall be registered with the Secretariat of the United Nations at the request of the Director-General.

#### **Article 35 - Authoritative texts**

This Convention has been drawn up in Arabic, Chinese, English, French, Russian and Spanish, the six texts being equally authoritative.

Regole concernenti gli interventi sul patrimonio culturale subacqueo

## I. Principi generali

Regola 1. Per la protezione del patrimonio culturale subacqueo, la conservazione in situ deve essere considerata come la prima opzione. Conseguentemente, le attività dirette verso il patrimonio culturale subacqueo saranno autorizzate se esse saranno condotte in modo compatibile con la protezione di questo patrimonio e possono essere autorizzate, a questa condizione, quando esse contribuiscono in modo significativo alla conoscenza o alla valorizzazione del patrimonio culturale subacqueo stesso.

Regola 2. Lo sfruttamento del patrimonio culturale subacqueo a fine di commercio o di speculazione o la sua irreversibile dispersione è fundamentalmente incompatibile con la sua protezione e la corretta gestione. Gli elementi del patrimonio culturale subacqueo non possono essere oggetto di transazioni né di operazioni di vendita, di acquisto, di baratto alla stregua di beni commerciali.

Questa regola non può essere interpretata come un ostacolo:

(a) alla fornitura di servizi archeologici professionali o di necessari servizi connessi, i cui natura e scopi sono in piena conformità con questa Convenzione e sono sottoposti all'autorizzazione delle autorità competenti;

(b) al deposito del patrimonio culturale subacqueo, recuperato nel corso di un progetto di ricerca condotto in aderenza alla presente Convenzione, purché tale deposito non costituisca pregiudizio per l'interesse scientifico o culturale o per l'integrità del materiale recuperato, ovvero si traduca in una sua irrimediabile dispersione, purché sia in conformità con quanto previsto dalle Regole 33 e 34 e sia soggetto alle autorizzazioni delle autorità competenti.

Regola 3. Le attività sul patrimonio culturale subacqueo, non debbono influire negativamente su di esso più di quanto sia necessario per raggiungere gli obiettivi del progetto.

Regola 4. Le attività sul patrimonio culturale subacqueo devono impiegare tecniche e metodi di ricognizione non distruttivi, da preferire al recupero degli oggetti. Se lo scavo e il recupero sono necessari per scopi di studio

scientifico o per la messa in sicurezza del patrimonio culturale subacqueo, metodi e tecniche usati devono essere i meno distruttivi possibile e contribuire alla conservazione dei resti.

Regola 5. Gli interventi sul patrimonio culturale subacqueo devono evitare il disturbo non necessario di resti umani e di luoghi sacri.

Regola 6. Gli interventi sul patrimonio culturale subacqueo debbono essere rigidamente regolamentati in modo da assicurare la debita acquisizione dei dati culturali, storici e archeologici.

Regola 7. Deve essere consentito l'accesso pubblico al patrimonio culturale subacqueo in situ, eccetto laddove tale accesso sia incompatibile con la protezione e la gestione del sito.

Regola 8. Deve essere incoraggiata la cooperazione internazionale in materia di attività sul patrimonio culturale subacqueo, in modo da promuovere scambi fruttuosi di archeologi e di specialisti in altre discipline pertinenti e di utilizzare al meglio le loro competenze.

## II. Struttura del progetto

Regola 9. Preliminarmente ad ogni intervento sul patrimonio culturale subacqueo, deve essere elaborata una descrizione del progetto che deve essere sottoposta per l'autorizzazione alle autorità competenti, che acquisiscono i pareri scientifici necessari. Regola 10. La descrizione del progetto deve comprendere:

- (a) un'analisi degli studi precedenti o preliminari;
- (b) l'enunciato e gli obiettivi del progetto;
- (c) la metodologia e le tecniche che si intende impiegare;
- (d) il piano di finanziamento;
- (e) il calendario previsto per l'esecuzione del progetto;
- (f) la composizione dell'équipe con indicazione delle qualifiche, delle responsabilità e dell'esperienza di ciascun componente;
- (g) il programma delle analisi e delle altre attività successive all'attività del cantiere;
- (h) un programma per la conservazione dei manufatti e del sito, da condurre in stretta collaborazione con le autorità competenti;
- (i) le strategie per la gestione e la protezione del sito per l'intera durata del progetto;
- (j) un programma di documentazione;
- (k) un piano di sicurezza;
- (l) un piano ambientale;
- (m) accordi per collaborazioni con musei e altre istituzioni, in particolare scientifiche;



- (n) la preparazione di relazioni;
- (o) il deposito degli archivi di scavo, incluso il patrimonio culturale subacqueo recuperato e
- (p) un programma di pubblicazione.

Regola 11. Le attività dirette al patrimonio culturale subacqueo, devono essere condotte in conformità con il progetto approvato dalle autorità competenti.

Regola 12. Dove si presentino scoperte inattese o cambiamenti nelle circostanze, il progetto dovrà essere rivisto e corretto con l'approvazione delle autorità competenti.

Regola 13. Nei casi di urgenza o di scoperta fortuita, le attività sul patrimonio culturale subacqueo, comprese le misure per la conservazione o le attività per un periodo di breve durata, in particolare di stabilizzazione del sito, possono essere autorizzate, anche in assenza di un progetto, allo scopo di preservare il patrimonio culturale subacqueo.

### **III. Studi preliminari**

Regola 14. Gli studi preliminari di cui alla Regola 10 (a) dovranno comprendere una valutazione circa la rilevanza e la vulnerabilità del e del contesto ambientale in cui si trova e l'impatto che avrebbe su di essi il progetto, nonché la potenzialità di ottenere i dati che gli obiettivi del progetto si propongono.

Regola 15. La valutazione dovrà anche includere studi di base sui dati storici e archeologici disponibili, le caratteristiche archeologiche e ambientali del sito, e le conseguenze di ogni eventuale intrusione sulla stabilità a lungo termine del patrimonio culturale subacqueo interessato dalle attività.

### **IV. Obiettivi, metodologia e tecniche del progetto**

Regola 16. La metodologia dovrà conformarsi agli obiettivi del progetto, e le tecniche impiegate dovranno essere le meno intrusive possibili.

### **V. Finanziamento**

Regola 17. Eccetto in casi dove vi sia urgenza di tutelare il patrimonio culturale subacqueo, dovrà essere assicurata una base di finanziamento adeguata preliminarmente ad ogni attività, sufficiente per completare tutte le tappe del progetto, compresa la tutela, la documentazione e la conservazione del materiale archeologico recuperato, nonché la preparazione e la diffusione di relazioni.

Regola 18. La struttura del progetto deve dimostrare che esso potrà essere debitamente finanziato fino al suo completamento, attraverso l'ottenimento, ad esempio, di un'obbligazione.

Regola 19. La descrizione del progetto deve comprendere un piano di emergenza che assicuri la conservazione del patrimonio culturale subacqueo e la relativa documentazione nel caso che il finanziamento previsto venga interrotto.

### **VI. Durata del progetto - Calendario**

Regola 20. Prima di ogni intervento, deve essere stabilito un programma adeguato per assicurare il completamento di tutte le tappe del progetto, compresa la tutela, la documentazione e la conservazione del patrimonio culturale subacqueo recuperato, compresi l'elaborazione e la divulgazione delle relazioni.

Regola 21. Il progetto deve comprendere un piano di emergenza che assicuri la conservazione del patrimonio culturale subacqueo e renda possibile la documentazione in caso di interruzione o conclusione anticipata del progetto.

### **VII. Competenze e qualifiche professionali**

Regola 22. Le attività sul patrimonio culturale subacqueo possono essere condotte solamente sotto la direzione e il controllo, e nella costante presenza, di un archeologo subacqueo qualificato con competenza scientifica idonea alla natura del progetto.

Regola 23. Tutti i componenti dell'équipe incaricata del progetto debbono possedere qualifiche professionali ed una comprovata competenza in rapporto al loro incarico.

### **VIII. Conservazione e gestione del sito**

Regola 24. Il programma di conservazione deve provvedere al trattamento dei resti archeologici durante l'intervento sul patrimonio culturale subacqueo, nel corso del trasporto e a lungo termine. La conservazione deve essere condotta secondo gli standard professionali correnti.

Regola 25. Il programma di gestione del sito deve prevedere la protezione e la gestione in situ del patrimonio culturale subacqueo, sia durante che dopo

il termine del cantiere. Il programma deve comprendere informazione pubblica, un ragionevole stanziamento per la stabilizzazione del sito, la sorveglianza e la protezione contro le manomissioni.

### **IX. Documentazione**

Regola 26. Il programma di documentazione deve prevedere La documentazione dettagliata degli interventi sul patrimonio culturale subacqueo, ivi compreso un rapporto delle attività, rispondente agli standard professionali correnti di documentazione archeologica.

Regola 27. La documentazione deve comprendere almeno un inventario dettagliato del sito, che includa l'indicazione della provenienza degli elementi del patrimonio culturale subacqueo rimossi o recuperati nel corso delle attività, il taccuino di cantiere, le planimetrie, i disegni, le sezioni oltre a fotografie o a riprese con altri mezzi.

### **X. Sicurezza**

Regola 28. Deve essere preparato un piano di sicurezza adeguato ad assicurare l'incolumità e il benessere dei componenti del progetto e di terzi; esso deve essere conforme ad ogni prescrizione normativa e professionale in vigore.

### **XI. Ambiente**

Regola 29. Deve essere elaborata una strategia ambientale adeguata per impedire che il fondo e la vita marina siano eccessivamente disturbati.

### **XII. Relazioni**

Regola 30. Debbono essere rese disponibili relazioni, sia interinali sia finali, coerentemente al calendario di lavoro espresso nel progetto, e depositate in archivi pubblici pertinenti.

Regola 31. Le relazioni dovranno comprendere:

- (a) una descrizione degli obiettivi;
- (b) una descrizione dei metodi e delle tecniche impiegati;
- (c) un rapporto sui risultati conseguiti;
- (d) la documentazione grafica e fotografica essenziale su tutte le fasi dell'intervento;
- (e) delle raccomandazioni sulla tutela e la conservazione dei reperti recuperati e del sito;
- (f) delle raccomandazioni relative ad attività future.

### **XIII. Gestione degli archivi del progetto**

Regola 32. Le modalità per la gestione degli archivi del progetto devono essere stabilite prima di intraprendere qualsiasi intervento, e devono essere previste nella struttura del progetto.

Regola 33. Gli archivi del progetto, compresi ogni elemento del patrimonio culturale subacqueo recuperato e una copia di tutta la documentazione di supporto, devono essere, per quanto possibile, mantenuti indivisi e intatti sotto forma di raccolta, in modo da renderli disponibili per l'accesso pubblico e professionale nonché di assicurare la conservazione degli archivi stessi. Ciò deve essere realizzato il più rapidamente possibile e in ogni caso non più tardi di dieci anni dal completamento del progetto, per quanto è compatibile con la conservazione del patrimonio culturale subacqueo.

Regola 34. Gli archivi del progetto debbono essere gestiti secondo gli standard professionali internazionali, e sottoposti all'approvazione delle autorità competenti.

### **XIV. Divulgazione**

Regola 35. Debbono essere previste nel progetto, per quanto possibile, azioni di informazione e di divulgazione al grande pubblico dei risultati.

Regola 36. Una sintesi finale del progetto deve essere:

- (a) resa pubblica non appena possibile, tenendo conto della complessità del progetto e del carattere di riservatezza e di delicatezza dell'informazione;
- (b) depositata in archivi pubblici pertinenti.

UNESCO, Parigi, 2 novembre 2001

*Ratifica ed esecuzione della Convenzione sulla protezione del patrimonio culturale subacqueo, con Allegato, adottata a Parigi il 2 novembre 2001, e norme di adeguamento dell'ordinamento interno*  
(Gazzetta Ufficiale n. 262 del 10 novembre 2009)

#### **Art. 1 - Autorizzazione alla ratifica**

1. Il Presidente della Repubblica è autorizzato a ratificare la Convenzione sulla protezione del patrimonio culturale subacqueo, con Allegato, adottata a Parigi il 2 novembre 2001, di seguito denominata "Convenzione".

#### **Art. 2 - Ordine di esecuzione**

1. Piena ed intera esecuzione è data alla Convenzione, a decorrere dalla data della sua entrata in vigore, in conformità a quanto disposto dall'articolo 27 della Convenzione stessa.

#### **Art. 3 - Patrimonio culturale subacqueo tra le 12 e le 24 miglia marine**

1. Quando la zona indicata dall'articolo 94 del codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42, e successive modificazioni, si sovrappone con un'analoga zona di un altro Stato e non è ancora intervenuto un accordo di delimitazione, le competenze esercitate dall'Italia non si estendono oltre la linea mediana di cui all'articolo 1, comma 3, della legge 8 febbraio 2006, n. 61.

#### **Art. 4 - Patrimonio culturale subacqueo nelle zone di protezione ecologica**

1. Gli interventi sul patrimonio culturale subacqueo nelle zone di protezione ecologica, istituite ai sensi della legge 8 febbraio 2006, n. 61, oltre le 24 miglia marine dalla linea di base del mare territoriale italiano, sono disciplinati dagli articoli 9 e 10 della Convenzione e dalle Regole di cui all'Allegato alla stessa Convenzione.  
2. Fino alla data di entrata in vigore degli accordi di delimitazione con gli Stati il cui territorio è adiacente al territorio dell'Italia o lo fronteggia, il limite esterno delle zone di protezione ecologica è quello fissato dall'articolo 1, comma 3, della legge 8 febbraio 2006, n. 61.

#### **Art. 5 - Denuncia di ritrovamento e richiesta di autorizzazione**

1. Ai sensi degli articoli 9, paragrafo 1, lettera a), e 10, paragrafo 2, della Convenzione, chiunque ritrova oggetti ascrivibili al patrimonio culturale subacqueo ai sensi dell'articolo 1 della medesima Convenzione, localizzati nelle zone di protezione ecologica o sulla piattaforma continentale italiane, come delimitate dalla legge e dagli accordi internazionali di delimitazione,

deve denunciare entro tre giorni, anche mediante comunicazione trasmessa per via radio o con mezzi elettronici, l'avvenuto ritrovamento all'Autorità marittima più vicina. Chiunque intende impegnarsi in interventi sul patrimonio culturale subacqueo situato nelle predette aree, presenta al Ministero per i beni e le attività culturali, per il tramite della medesima Autorità marittima, un'apposita richiesta di autorizzazione ai sensi della Regola 9 di cui all'Allegato alla Convenzione, accompagnata dalla descrizione del progetto, ai sensi della Regola 10 di cui al medesimo Allegato.

2. L'Autorità marittima trasmette senza indugio le denunce o le richieste di autorizzazione di cui al comma 1 ad essa pervenute al Ministero per i beni e le attività culturali, che rilascia o nega l'autorizzazione di cui all'articolo 10 della Convenzione entro il termine di sessanta giorni dalla richiesta. L'Autorità marittima trasmette copia delle denunce e delle richieste di autorizzazione anche al Ministero degli affari esteri e, se esse riguardano navi di Stato o da guerra, anche al Ministero della difesa.

3. Ai sensi dell'articolo 9, paragrafo 1, lettera b), della Convenzione, i cittadini italiani o il comandante di una nave battente bandiera italiana che ritrovano oggetti ascrivibili al patrimonio culturale subacqueo, localizzati nella zona economica esclusiva o sulla piattaforma continentale di un altro Stato parte della medesima Convenzione, o che intendono impegnarsi in interventi sul patrimonio culturale subacqueo ivi localizzati, devono farne denuncia alla competente Autorità consolare italiana, rispettivamente, entro tre giorni dal ritrovamento, anche mediante comunicazione trasmessa per via radio o con mezzi elettronici, o almeno tre mesi prima dell'inizio delle attività.

4. L'Autorità consolare trasmette, nel più breve tempo possibile, le informazioni ricevute ai sensi del comma 3 all'Autorità competente dello Stato nella cui zona economica esclusiva o sulla cui piattaforma continentale è avvenuto il ritrovamento o sono programmate le attività, nonché al Ministero degli affari esteri italiano.

5. Quando la piattaforma continentale italiana si sovrappone con la piattaforma continentale di un altro Stato e non è ancora intervenuto un accordo di delimitazione, i commi 1 e 3 si applicano soltanto ai ritrovamenti e alle attività localizzati, rispettivamente, entro e oltre la linea mediana di cui all'articolo 1, comma 3, della legge 8 febbraio 2006, n. 61.

6. Quando il ritrovamento è effettuato da una nave militare italiana, le informazioni previste dal presente articolo sono fornite tenuto conto della necessità di non compromettere le capacità operative della nave ovvero lo svolgimento di operazioni che sono o che possono essere

affidate alla nave stessa.

7. Ai sensi dell'articolo 9, paragrafo 3, della Convenzione, il Ministero degli affari esteri notifica le informazioni ricevute ai sensi dei commi 2 e 4 del presente articolo al Direttore generale dell'UNESCO e comunica allo Stato parte nella cui zona economica esclusiva o sulla cui piattaforma continentale si trova il patrimonio culturale subacqueo la dichiarazione prevista dall'articolo 9, paragrafo 5, della citata Convenzione.

8. Nelle consultazioni previste dall'articolo 10, paragrafo 3, della Convenzione, l'Italia è rappresentata dal Ministero degli affari esteri, in raccordo con le altre amministrazioni interessate, in particolare il Ministero per i beni e le attività culturali e, se il bene in questione è una nave di Stato o da guerra, il Ministero della difesa.

#### **Art. 6 - Dichiarazione e notificazione del patrimonio culturale subacqueo nell'Area internazionale dei fondi marini e nel relativo sottosuolo**

1. Ai sensi dell'articolo 11, paragrafo 1, della Convenzione, i cittadini italiani o il comandante di una nave battente bandiera italiana che ritrovano oggetti ascrivibili al patrimonio culturale subacqueo localizzati nell'Area internazionale dei fondi marini o nel relativo sottosuolo o che intendono impegnarsi in interventi sul patrimonio culturale subacqueo ivi localizzato devono farne denuncia al Ministero degli affari esteri, rispettivamente, entro tre giorni dal ritrovamento, anche mediante comunicazione trasmessa per via radio o con mezzi elettronici, o almeno tre mesi prima dell'inizio delle attività. Il Ministero degli affari esteri trasmette, nel più breve tempo possibile, tali informazioni al Ministero per i beni e le attività culturali e, se il bene in questione è una nave di Stato o da guerra, al Ministero della difesa e provvede alle notifiche previste dal citato articolo 11, paragrafo 2, della Convenzione.

2. Nelle consultazioni previste dall'articolo 12, paragrafo 2, della Convenzione, l'Italia è rappresentata dal Ministero degli affari esteri, in raccordo con le altre amministrazioni interessate, in particolare il Ministero per i beni e le attività culturali e, se il bene in questione è una nave di Stato o da guerra, il Ministero della difesa.

#### **Art. 7 - Notifica dei beni sequestrati**

1. Ai sensi dell'articolo 18, paragrafo 3, della Convenzione, il Ministero degli affari esteri notifica al Direttore generale dell'UNESCO e agli Stati che possono vantare un legame verificabile, in particolare culturale, storico o archeologico, l'avvenuta confisca degli oggetti ascrivibili al patrimonio culturale subacqueo in quanto recuperati in modo non conforme alla Convenzione.

#### **Art. 8 - Autorità competente per le operazioni di inventariazione, protezione, conservazione e gestione del patrimonio culturale subacqueo**

1. Il Ministero per i beni e le attività culturali effettua le operazioni di cui all'articolo 22 della Convenzione. Per le navi di Stato o da guerra, le operazioni sono svolte in cooperazione con il Ministero della difesa.

#### **Art. 9 - Descrizione del progetto**

1. Nella descrizione del progetto e nel programma di documentazione, previsti rispettivamente dalle Regole 10, 26 e 27 di cui all'Allegato alla Convenzione, devono anche essere indicate le coordinate geografiche del sito, con la sua possibile estensione, o il luogo dove un rinvenimento è stato effettuato.

#### **Art. 10 - Sanzioni**

1. Chiunque non denuncia all'Autorità indicata nell'articolo 5, comma 1, il ritrovamento di oggetti ascrivibili al patrimonio culturale subacqueo, situati nelle zone di protezione ecologica o sulla piattaforma continentale italiana, è punito con l'arresto fino a un anno e con l'ammenda da euro 310 a euro 3.099.

2. Il cittadino italiano o il comandante di una nave battente bandiera italiana che non denuncia alle Autorità indicate nell'articolo 5, comma 3, e nell'articolo 6, comma 1, il ritrovamento di oggetti ascrivibili al patrimonio culturale subacqueo, situati nella zona economica esclusiva o sulla piattaforma continentale di un altro Stato parte della Convenzione o nell'Area internazionale dei fondi marini o nel relativo sottosuolo, è punito con l'arresto fino a un anno e con l'ammenda da euro 310 a euro 3.099.

3. In luogo delle pene previste nei commi 1 e 2, si applica la sanzione amministrativa pecuniaria da euro 250 a euro 2.500 nel caso in cui la denuncia sia presentata dopo il termine di tre giorni stabilito, rispettivamente, negli articoli 5, comma 1, primo periodo, e comma 3, e 6, comma 1.

4. Il cittadino italiano o il comandante di una nave battente bandiera italiana che, senza averne fatto preventiva denuncia all'Autorità indicata nell'articolo 5, comma 3, o nell'articolo 6, comma 1, effettua un intervento sul patrimonio culturale subacqueo situato, rispettivamente, nella zona economica esclusiva o sulla piattaforma continentale di un altro Stato parte della Convenzione o nell'Area internazionale dei fondi marini o nel relativo sottosuolo, è punito con l'arresto fino a un anno e con l'ammenda da euro 310 a euro 3.099.

5. Chiunque effettua un intervento sul patrimonio culturale subacqueo situato nelle zone di protezione ecologica o sulla piattaforma continentale italiana,

senza avere ottenuto l'autorizzazione del Ministero per i beni e le attività culturali, è punito con l'arresto fino a un anno e con l'ammenda da euro 310 a euro 3.099. La stessa pena si applica a chiunque non osserva la descrizione del progetto approvata nel provvedimento di autorizzazione. Le disposizioni del presente comma non si applicano nel caso in cui, ai sensi dell'articolo 10, paragrafo 5, lettera b), della Convenzione, si sia convenuto che l'autorizzazione all'intervento non sia rilasciata dall'Italia.

6. Chiunque effettua un intervento sul patrimonio culturale subacqueo situato nella zona economica esclusiva o sulla piattaforma continentale di un altro Stato parte della Convenzione o nell'Area internazionale dei fondi marini o nel relativo sottosuolo, dopo la denuncia, ma prima del rilascio del provvedimento di autorizzazione, è punito, qualora, ai sensi degli articoli 10, paragrafo 5, lettera b), o 12, paragrafo 4, lettera b), della Convenzione, si sia convenuto che l'Italia è competente al rilascio del medesimo, con l'arresto fino a un anno e con l'ammenda da euro 310 a euro 3.099. La stessa pena si applica a chiunque non osserva la descrizione del progetto approvata nel provvedimento di autorizzazione.

7. Chiunque introduce o commercia nel territorio dello Stato beni del patrimonio culturale subacqueo recuperati mediante un intervento non autorizzato a norma della Convenzione è punito con la reclusione fino a due anni e con la multa da euro 50 a euro 500.

8. Restano ferme, in quanto applicabili, le sanzioni penali e amministrative previste dal citato codice di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42.

#### **Art. 11 - Copertura finanziaria**

1. Per l'attuazione della presente legge è autorizzata la spesa di euro 13.455 annui, ad anni alterni, a decorrere dall'anno 2009. Al relativo onere si provvede mediante corrispondente riduzione dello stanziamento del fondo speciale di parte corrente iscritto, ai fini del bilancio triennale 2009-2011, nell'ambito del programma "Fondi di riserva e speciali" della missione "Fondi da ripartire" dello stato di previsione del Ministero dell'economia e delle finanze per l'anno 2009, allo scopo parzialmente utilizzando l'accantonamento relativo al Ministero degli affari esteri.

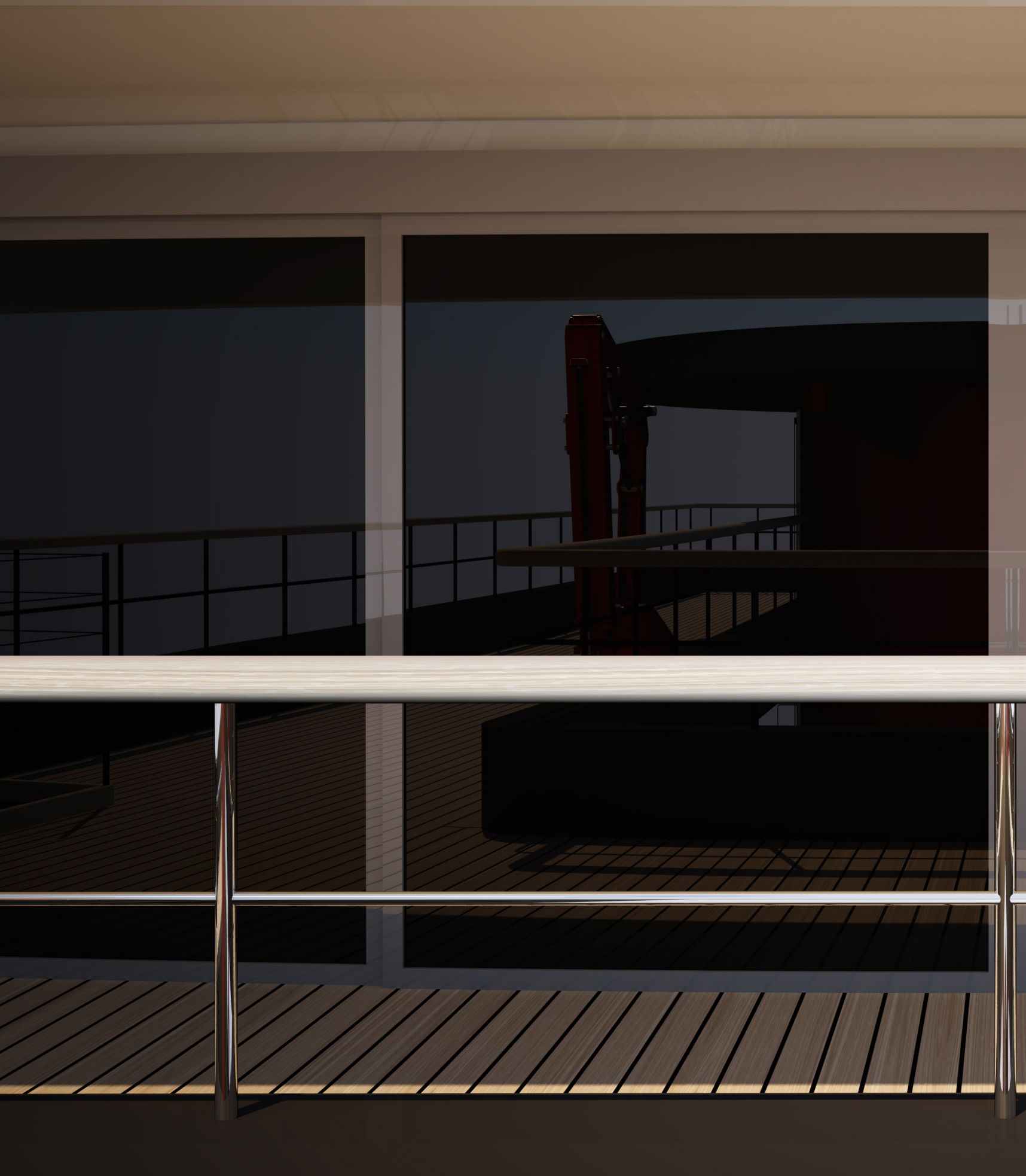
2. Il Ministro dell'economia e delle finanze è autorizzato ad apportare, con propri decreti, le occorrenti variazioni di bilancio.

#### **Art. 12 - Entrata in vigore**

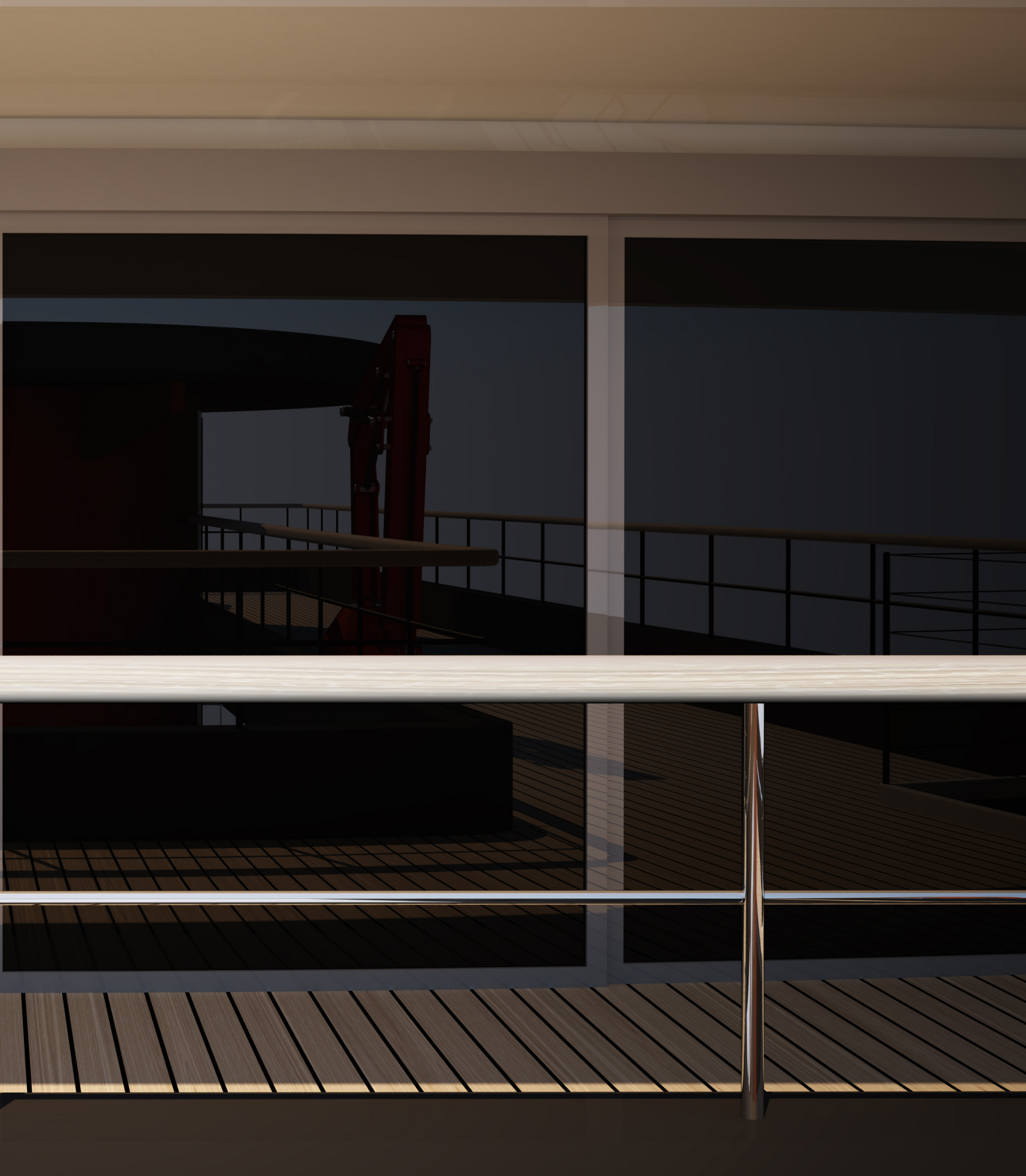
1. La presente legge entra in vigore il giorno successivo a quello della sua pubblicazione nella Gazzetta Ufficiale.











# PARTE III. PROGETTO DI UN'IMBARCAZIONE PER L'ARCHEOLOGIA SOMMERSA

## 1. CONSIDERAZIONI

Il progetto è finalizzato alla determinazione di un modello ideale di imbarcazione per l'archeologia subacquea, per l'implementazione della flotta navale italiana carente in questo settore.

L'oceanografia moderna prevede l'utilizzo di strumentazione che in genere necessita di mezzi navali opportunamente ed appositamente realizzati per renderli adatti alle sue necessità.

L'esecuzione dei prelievi, il supporto allo scavo archeologico, il recupero dei relitti, i primi interventi sui reperti, sono condizionati dalle dimensioni degli ambienti, dalla velocità dei verricelli, dalle gru idrauliche e da tutta una serie di ulteriori attrezzature, di dimensioni opportune, così come dagli spazi liberi di poppa e dalla disposizione dei laboratori; questo difficilmente potrebbe essere disponibile su navi di dimensioni inadeguate e non progettate appositamente. Inoltre alcune attività devono essere effettuate con mezzi navali capaci di mantenersi fermi in un punto e di contrastare il vento e la corrente (con stabilizzatori ed eliche di prua).

In Italia sono poche le imbarcazioni che possiedono tali capacità e la carenza di natanti da ricerca soprattutto di proprietà e/o gestiti da enti pubblici non permette uno sviluppo adeguato della ricerca in questo settore.

Per dimensioni la nave si inserisce, senza alcuna duplicazione, all'interno del panorama di imbarcazioni di ricerca europee dedicate al mar

Mediterraneo.

Potenziare le attrezzature scientifico-tecnologiche, offrendo ai ricercatori uno strumento d'avanguardia per le ricerche marine, determina la necessità di individuare un modello di gestione della nave, con riferimento al contesto tecnico e scientifico.

La nave si propone come laboratorio mobile polivalente per gruppi di lavoro impegnati nello studio delle scienze del mare e come strumento per il progresso della ricerca e della didattica. A bordo infatti si potranno condurre campagne subacquee e attività di formazione attraverso workshop sul campo.

Le dotazioni di bordo prevedono un insieme di strumentazioni e laboratori per l'effettuazione di misure e rilevamenti in situ, ma anche per la raccolta e l'analisi di campioni d'acqua, materiale biologico ed il recupero di reperti archeologici.

Nella progettazione è stata rivolta particolare attenzione alla disponibilità di spazi liberi compatibilmente con ingombri fissi ed in condizioni di sicurezza.

La presenza inoltre di unità a bordo come un tender, moto d'acqua, un sottomarino ed un ROV, permettono di operare a tutto campo, dal sottocosta fino alle massime profondità e questo ribadisce l'importanza di un mezzo navale idoneo che serva da supporto anche ai laboratori fissi sulla terraferma.

<b>BANDIERA</b>	Italiana
<b>CLASSE</b>	RINA C, AUT UMS (unattended machinery space) Special service, unrestricted navigation operating area notation
<b>LUNGHEZZA FUORI TUTTO (LOA)</b>	42,80 m
<b>BAGLIO MASSIMO (BMAX)</b>	11,00 m
<b>ALTEZZA DI COSTRUZIONE</b>	11,93 m
<b>IMMERSIONE MAX (TMAX)</b>	2,15 m
<b>DISLOCAMENTO A PIENO CARICO</b>	700 t
<b>MOTORIZZAZIONE</b>	2 x CAT C18 (2 x 746 kW @ 1800 rpm)
<b>PROPULSIONE</b>	2 eliche a passo fisso
<b>ELICA PRODIERA</b>	120 kW
<b>AUTONOMIA</b>	3000 mn/30 giorni
<b>VELOCITÀ DI CROCIERA</b>	13 kn
<b>VELOCITÀ MASSIMA</b>	13,8 kn
<b>VELOCITÀ MINIMA</b>	< 1kn
<b>CAPACITÀ ACQUA DOLCE</b>	70 t
<b>GRU</b>	4 x gru idrauliche telescopiche a braccio articolato sbraccio max 9 m, portata 3,3 t ognuna
<b>APPARATI DI NAVIGAZIONE E COMUNICAZIONE</b>	Autopilota 2 radar: 48 Nm 2 GPS 1 ecoscandaglio di navigazione fino a 5000 m Plotter cartografico 3 sistemi di comunicazione satellitare Stazione metereologica Telecamere per trasmissione immagini dal ponte di coperta al laboratorio di acquisizione e trattamento dati
<b>UNITÀ SCESSORIE</b>	1 x tender con motore fuoribordo; 2 x moto d'acqua
<b>CAPACITÀ DI ALLOGGIO</b>	Equipaggio: 3 (1 cabina tripla con servizi) Personale tecnico: 12 (6 cabine doppie)
<b>SPAZI DI LAVORO</b>	2 ponti esterni (150 m <sup>2</sup> ); locale per le operazioni di preparazione all'immersione ed all'emersione degli operatori subacquei (38 m <sup>2</sup> ); locale per i primi interventi di restauro con vasche di stoccaggio (90 m <sup>2</sup> ); locale per stivaggio reperti (8,5 m <sup>2</sup> ); sala per riunioni e briefing, locale per controllo del lavoro in immersione e laboratorio grafico (100 m <sup>2</sup> ); ponte di comando (40 m <sup>2</sup> )

## 2. IL PROGETTO

### 2.1. Le geometrie

Come descritto nei capitoli precedenti, un'imbarcazione da lavoro deve rispondere a determinate caratteristiche qualitative; deve infatti garantire la massima efficienza, una buona stabilità ed avere una strumentazione adeguata.

Per questi motivi il disegno dello scafo ha una particolare geometria che riprende il principio del trimarano; le unità di dimensioni ridotte sono avvantaggiate per avere un sostentamento dinamico dello scafo, mentre per le grandi unità il sostentamento può essere assicurato da un *cuscino d'aria* che si interpone tra la carena e la superficie liquida, come nel caso di catamarani e trimarani. Inoltre, per intersecare la superficie e rimanere saldamente ancorati ad essa sono preferibili forme lunghe e strette. Dal punto di vista idrodinamico, i catamarani hanno una bassa resistenza idrodinamica ma hanno un comportamento molto nervoso con mare formato poichè le due prue affrontano l'onda in tempi diversi; perciò la scelta di un multiscafo che sfrutti le caratteristiche positive del catamarano solo a poppa e mantenga un monoscafo a prua porta vantaggi e assicura manovrabilità, stabilità e di conseguenza comfort.

La scelta di mantenere la configurazione di un catamarano a poppa permette di svolgere attività lavorative in acqua pur rimanendo all'interno dell'imbarcazione, ma per assicurare una buona tenuta dei due scafi è stato aggiunto un volume centrale che li unisce pur non interferendo con la superficie dell'acqua.

La lunghezza fuori tutto (LOA) dello scafo è di 42,80 metri ed il baglio massimo (Bmax) è di 11,00 metri. La scelta della misura della lunghezza minore dei 45 metri è stata fatta per mantenere la nave nella categoria di natanti di media dimensione, risolvendo

in modo ottimale il rapporto servizi/costo. I natanti più comuni, 30-35 metri di lunghezza, non sono particolarmente idonei a garantire la polivalenza delle prestazioni con la conseguente dotazione di apparecchiature e strumentazioni numerose e alle volte ingombranti, e non sarebbero comunque in grado di ospitare un numero di ricercatori necessario per le attività di archeologia sommersa (10-15 persone). Le unità invece superiori ai 60 metri pongono problemi di gestione ben più complessi di quelli già di difficile soluzione per una nave di medie dimensioni.

Il pescaggio (2,15 m), come nelle tradizionali navi da lavoro, è ridotto al minimo per permettere operazioni di monitoraggio e la possibilità di navigare in bassi fondali.

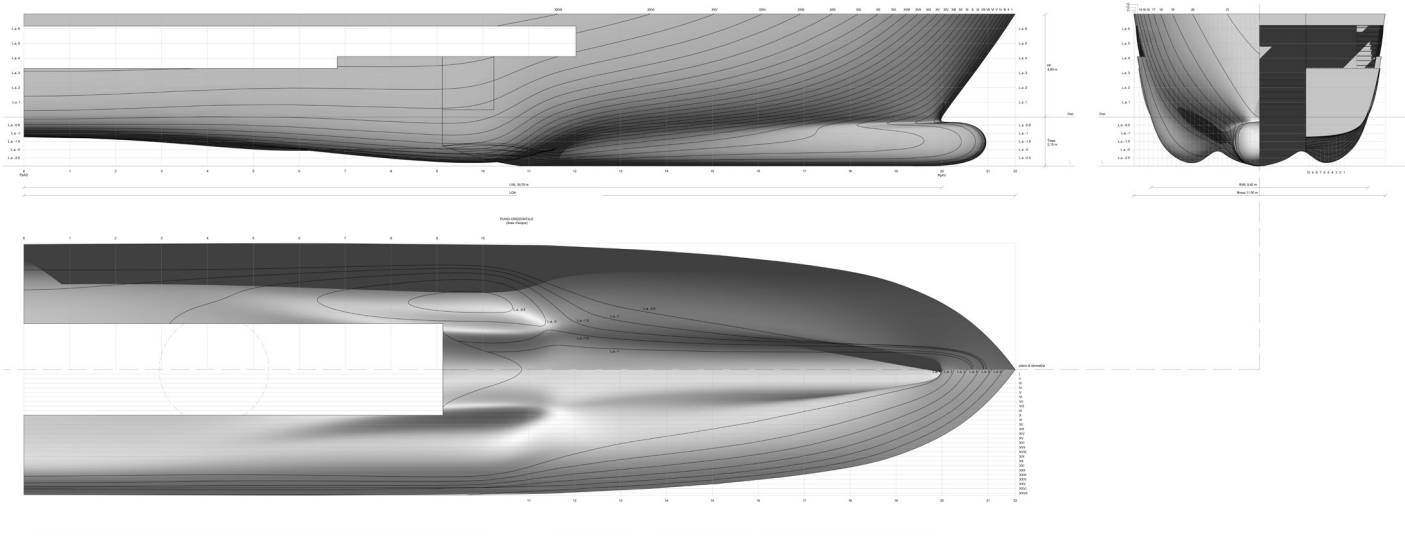
La struttura dello scafo viene progettata e realizzata secondo il profilo più idoneo per ogni tipo di nave, deve infatti assicurare robustezza e può variare a seconda delle esigenze commerciali. Per questo tipo di imbarcazione la soluzione migliore è la struttura di tipo mista, che offre il vantaggio di avere una buona resistenza a flessione grazie agli elementi longitudinali nelle zone maggiormente sollecitate della nave e a trazione poichè è irrobustita dalla struttura trasversale sulle murate. Con la combinazione di questi due tipi di struttura, longitudinale e trasversale, si può ridurre significativamente il peso dello scafo ottenendo così un maggiore portata.

Per la sovrastruttura i materiali che permettono di ottimizzare al massimo il rapporto peso/potenza sono quelli compositi, applicati con l'infusione della resina con la tecnica a sandwich. Questi materiali infatti sono più leggeri delle leghe metalliche e hanno recentemente sostituito la vetroresina per le loro qualità di resistenza e per i minori costi di produzione.

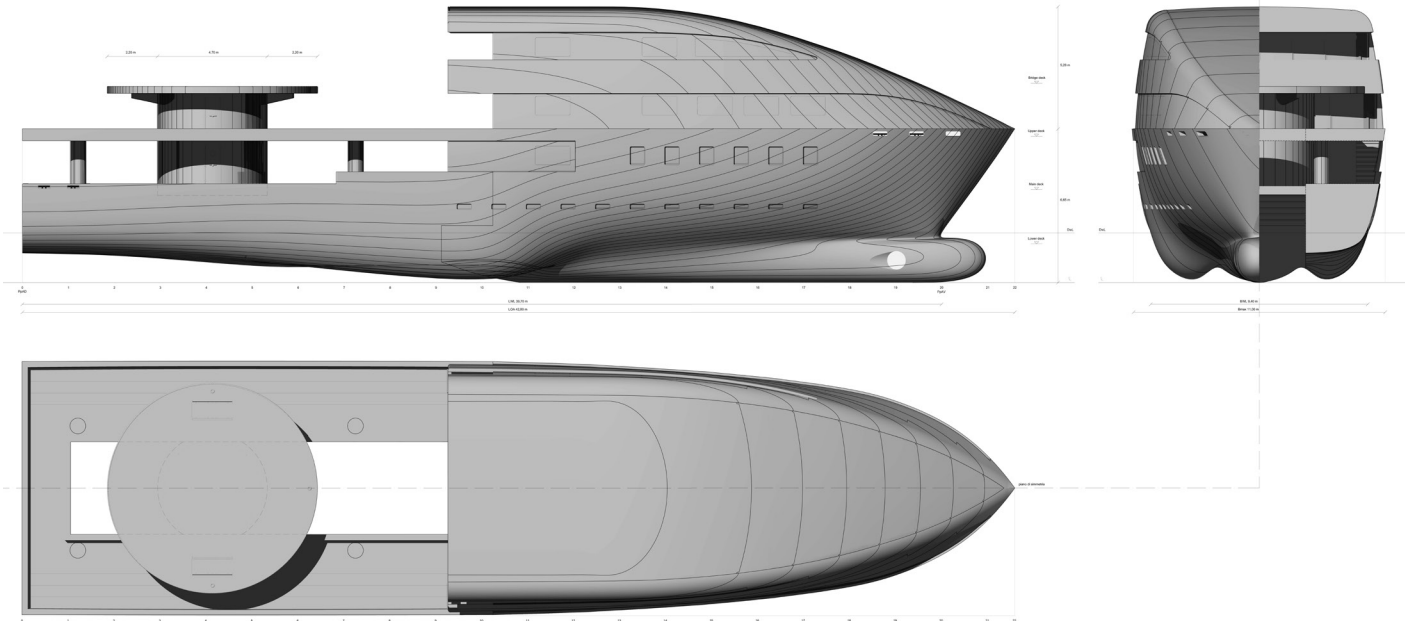
[61] Piano di costruzione dello scafo

[62] Piano di costruzione generale

[61]



[62]









## 2.2. L'esterno

Dall'esterno dell'imbarcazione è ben distinguibile la divisione dello scafo dalla sovrastruttura; in tutto sono presenti quattro ponti, due racchiusi dallo scafo, il main deck e il lower deck, e due nella parte sopra, l'upper deck e il bridge deck.

L'ampio spazio poppiero è stato progettato in modo da offrire una zona dedicata esclusivamente alle operazioni all'aperto, che possono svolgersi alla quota del main deck al coperto, grazie al ponte superiore che fornisce un riparo, o all'aperto alla quota dell'upper deck, dove è inoltre raggiungibile tramite scale retraibili la piattaforma per l'elicottero. Il volume centrale, quello sotto la piattaforma, ha varie funzioni; la prima è strutturale, serve infatti da congiunzione tra i due scafi, lasciando uno spazio sotto di esso per il passaggio del tender o di qualsiasi altro dispositivo che viene successivamente sollevato dalle gru. Al suo interno, per la sua forma cilindrica, è contenuta la camera iperbarica al primo livello e al secondo livello un locale adibito allo stoccaggio delle attrezzature da lavoro. Serve inoltre da sostegno per la grande piattaforma circolare posta sulla sommità per l'atterraggio dell'elicottero.

Sull'upper deck sono presenti quattro gru idrauliche a tre bracci per il sollevamento del tender o di altre attrezzature da lavoro e per il recupero diretto di reperti archeologici pesanti.

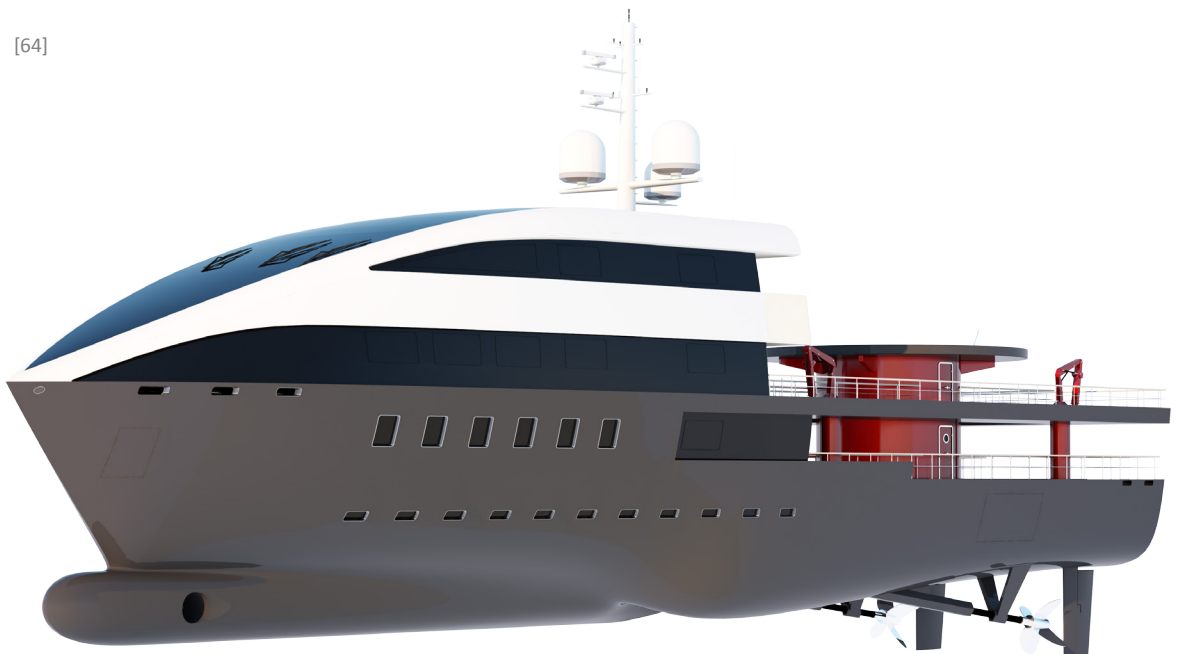
La sovrastruttura è suddivisa in due ponti: l'upper deck dal quale si accede al ponte esterno superiore, e il bridge deck, che ospita la sala comandi e le cabine per il comandante e lo staff. Dalle lunghe fasce scure laterali si aprono finestrate a filo che si confondono con il materiale di rivestimento, creando così un effetto di finestratura continua.

Anche la copertura è trattata allo stesso modo, dal rivestimento di colore scuro verniciato lucido si intaglia l'apertura che dà sulla cabina di pilotaggio nella parte superiore.

L'albero posto sulla sommità dell'imbarcazione fornisce sostegno al sistema di illuminazione e strumentazione radar e satellitare.

A prua, appena sotto la linea di galleggiamento, si innesta un grande bulbo che, grazie alla sua forma, modifica il flusso dell'acqua lungo la carena, riducendo la resistenza fluidodinamica e di conseguenza aumentando la velocità a parità di potenza installata, riducendo i consumi e aumentando l'autonomia. Questa geometria genera un treno di onde più basso di quello che creerebbe una carena senza bulbo prodiero, apportando così una riduzione della resistenza all'avanzamento.

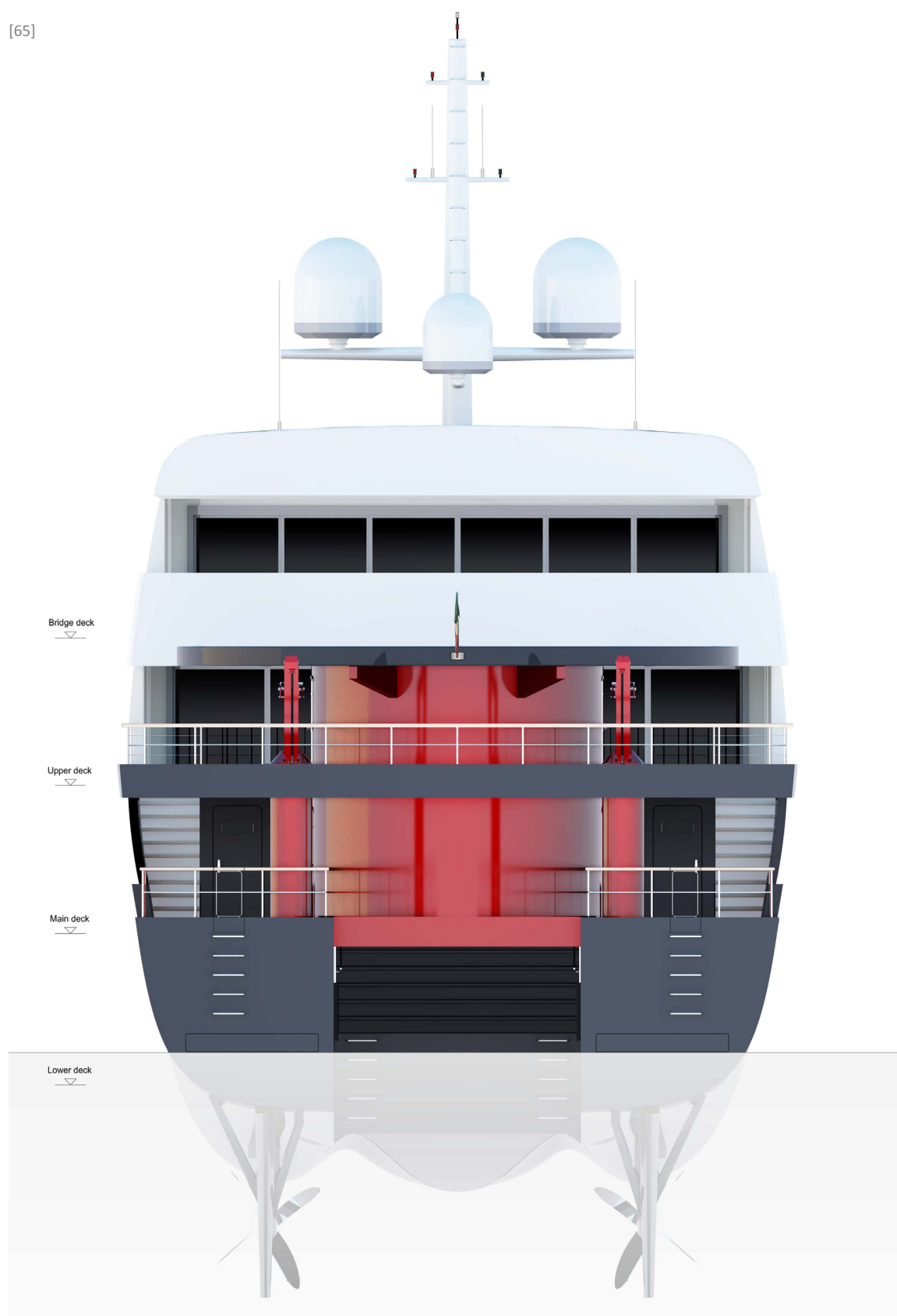
Appena dietro al bulbo è collocata l'elica di prua per le operazioni di manovra in fase di ormeggio mentre a poppa sono installate due trasmissioni in linea d'asse per ogni scafo, con motori con i quali si prevede una velocità massima di 20 nodi e un'andatura di crociera di 18.



[64]

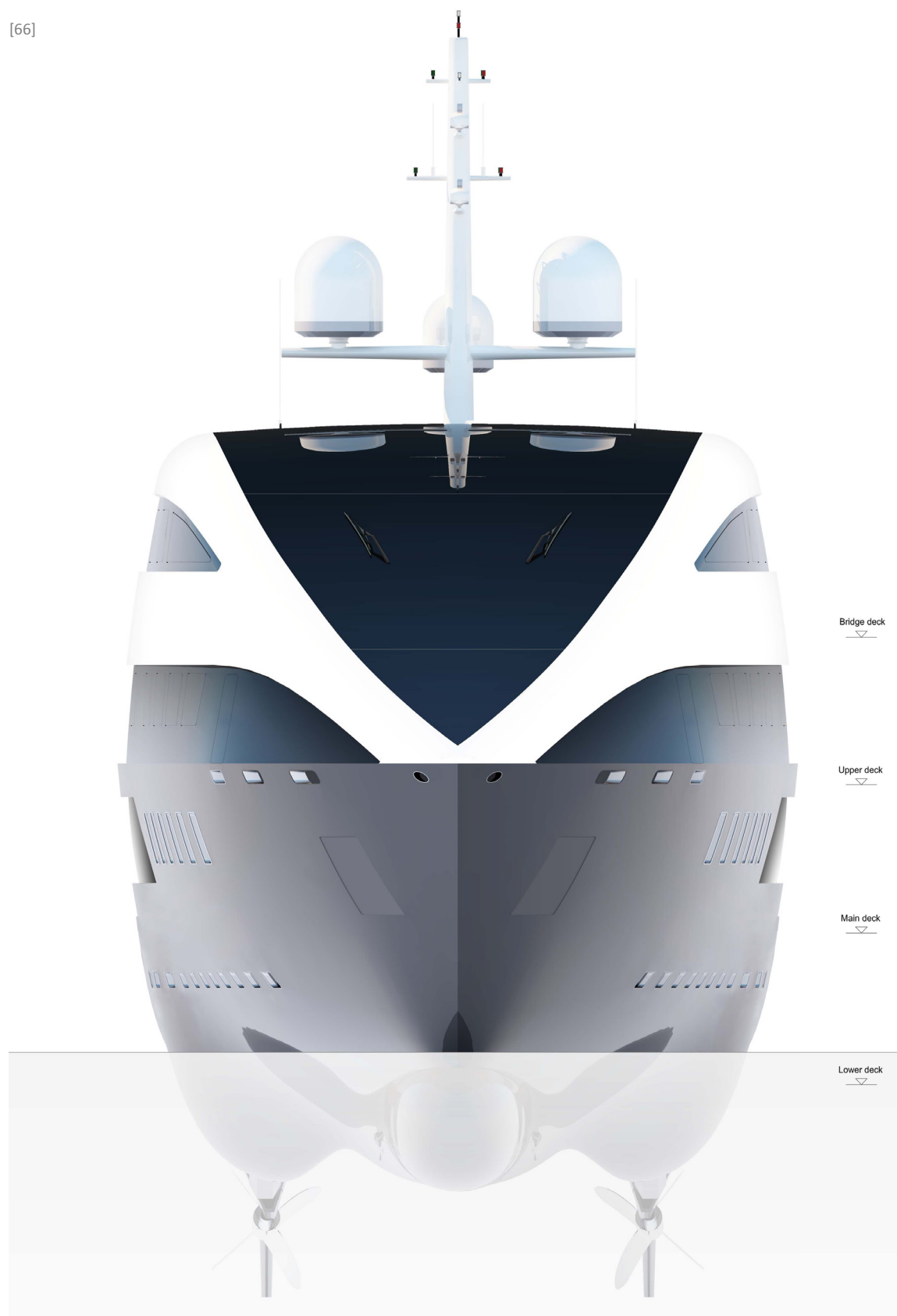
[63] Operazione di sollevamento del tender  
[64] Vista prospettica laterale

[65]



[65] Prospetto di poppa

[66]



[66] Prospetto di prua

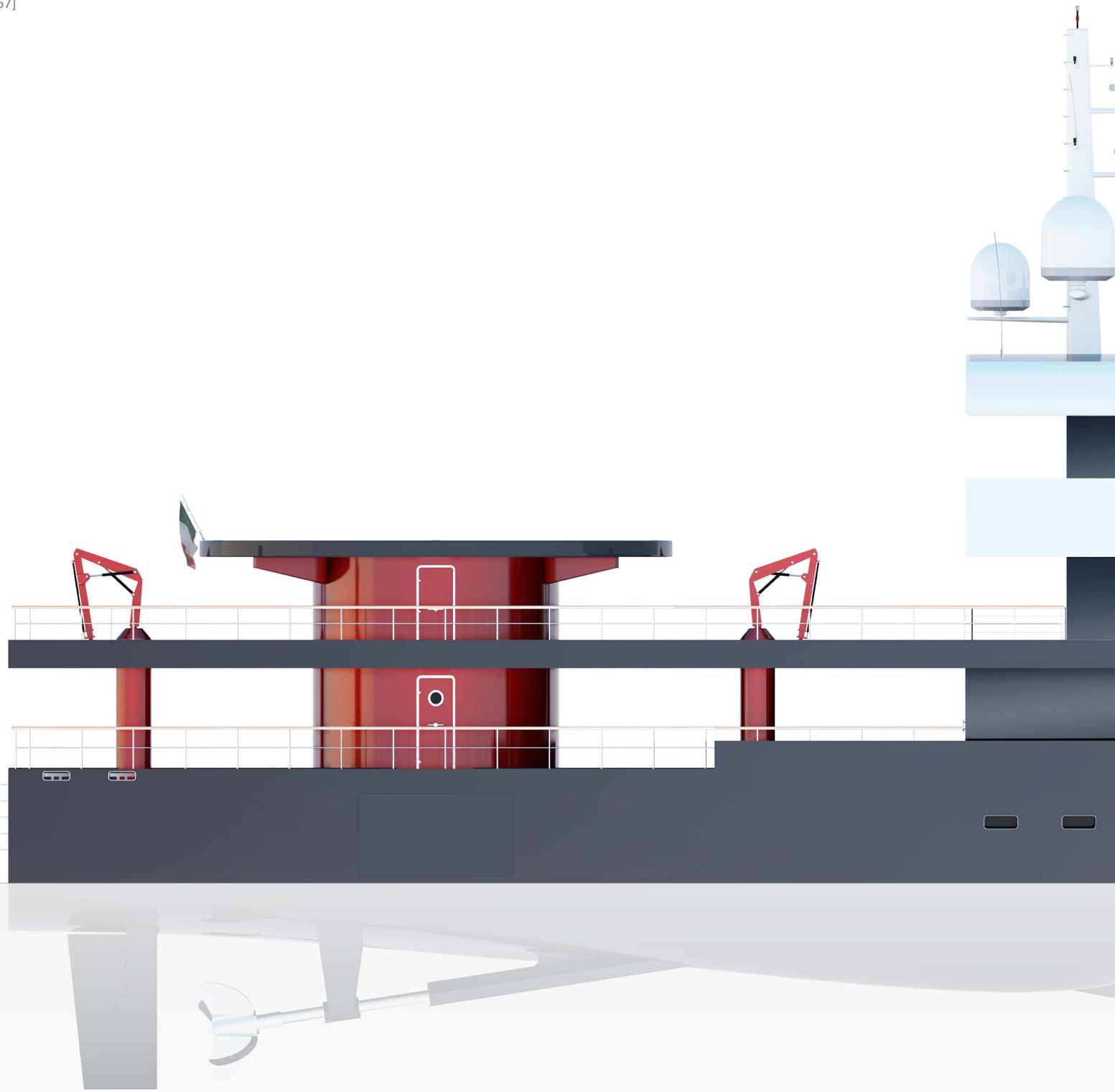
Pagine seguenti:

[67] Profilo

[68] Vista prospettica  
dall'alto da prua

[69] Vista prospettica  
dall'alto da poppa

[70] Vista prospettica  
laterale da prua





Bridge deck

Upper deck

Main deck

Lower deck

25

30

35

40











## 2.3. L'interno

La distribuzione interna si articola su quattro ponti: a partire dal basso il lower deck, il main deck, l'upper deck ed il bridge deck. Nel lower deck si trovano le cabine per il personale tecnico e una zona living, oltre alla sala macchine ed al garage per le unità accessorie, nel main deck e nell'upper deck sono ospitati i laboratori polivalenti per le attività di archeologia sommersa mentre il bridge deck è dedicato al ponte di comando ed a spazi per l'equipaggio, quali una cabina e una zona living. Tutti i piani sono raggiungibili senza bisogno di uscire all'esterno, tranne che per la camera iperbarica collocata nel volume cilindrico a poppa. Anche la zona di ormeggio è all'interno della sovrastruttura; si trova infatti all'estremità a prua e grazie a delle aperture permette le operazioni di approdo.

### *Lower deck*

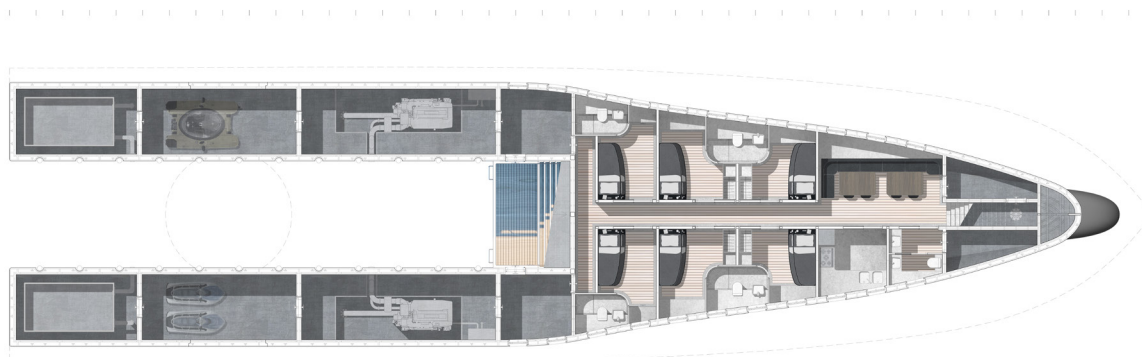
Il ponte inferiore [fig. 50], al quale si accede tramite un sistema verticale posizionato verso prua nel main deck, è composto da una zona dedicata agli operatori tecnici e dalla zona macchine e garage. All'estremità della poppa si trovano due compartimenti che contengono serbatoi per l'acqua di zavorra; l'acqua del mare viene introdotta quando l'imbarcazione è sotto cosata, viene regolata attraverso apposite valvole e serve per la stabilizzazione e l'assetto dello scafo. I due garage sono dotati di gruette telescopiche a

soffitto per il sollevamento e la traslazione in acqua delle unità ausiliarie, quali moto d'acqua e un mini sottomarino. La sala motori è compartimentata rispetto agli altri locali ed è dotata, come anche il resto degli ambienti a contatto l'esterno, di porte a tenuta stagna. Altri due locali dividono la sala macchine dalle cabine per un fattore di sicurezza e per permettere l'uscita sulla piccola piattaforma posta centralmente rispetto ai due scafi, la cui funzione si capirà meglio nel main deck.

Le cabine sono in tutto sei, dotate di doppi letti, due delle quali hanno servizi privati mentre le altre due coppie hanno i servizi in comune. La zona living è l'ambiente per il relax e dove di consumano i pasti, preparati in una piccola cucina affiancata da un altro blocco di servizi. Dai servizi si può accedere ad un locale a prua adatto per un'eventuale dispensa e per la lavanderia, mentre l'altro compartimento dalla parte opposta è un vano tecnico.

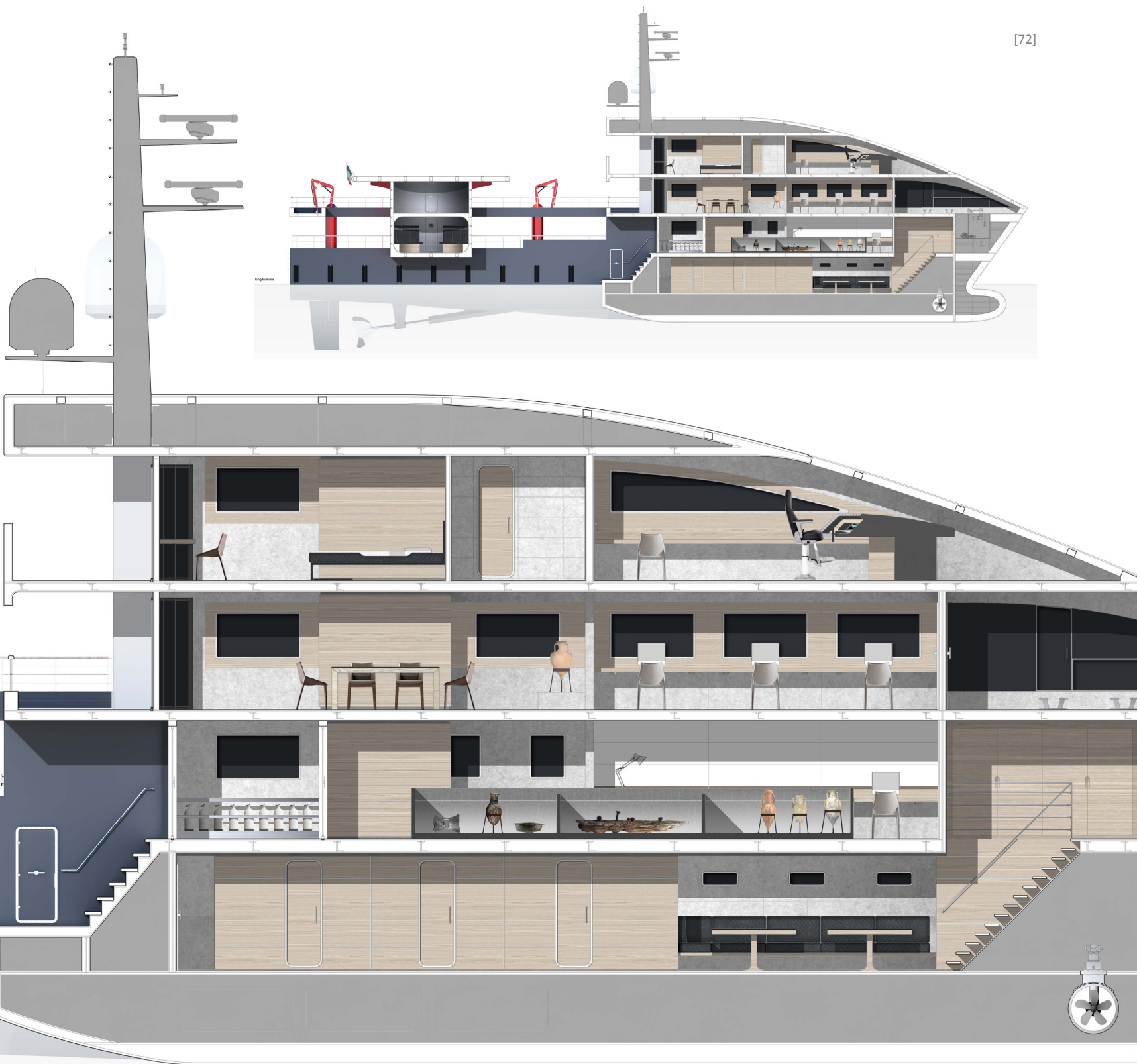
Tutti gli ambienti di lavoro e tecnici hanno il rivestimento di pavimenti e pareti in resina epossidica bicomponente, che conferisce una finitura robusta, antiscivolo (per i pavimenti) e resistente agli urti e alla corrosione. Resiste a molti prodotti chimici e a solventi, acqua salata, detersivi, olio e grasso, non richiede una particolare manutenzione ed è di facile pulizia. Anche negli ambienti quali i servizi e la cucina il rivestimento è caratterizzato dalla stessa soluzione, con finiture e colori più adatti a un interno abitabile. La pavimentazione delle cabine e le pareti delle stesse sono invece rivestiti in teak chiaro.

[71]

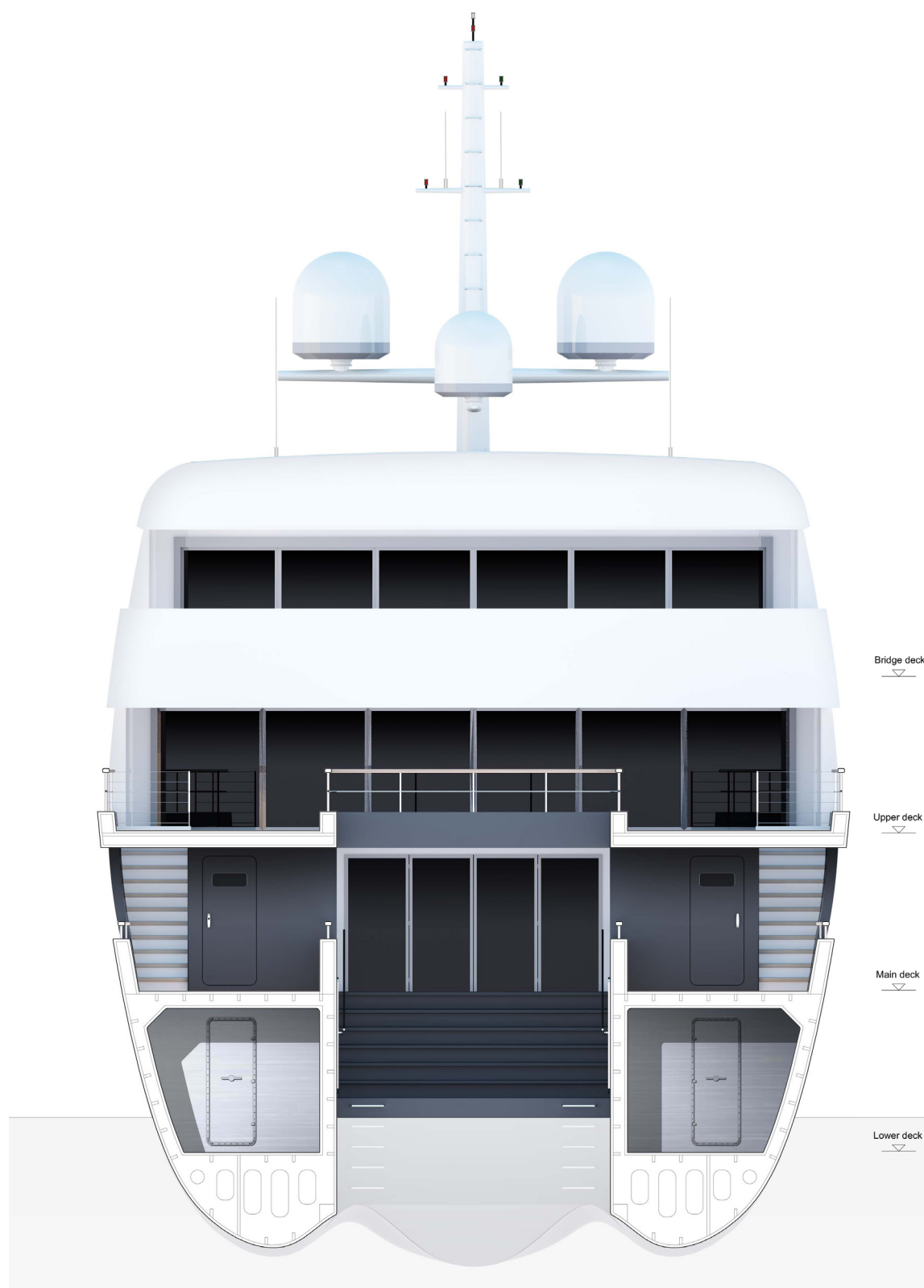


[71] Pianta lower deck  
[72] Sezione longitudinale



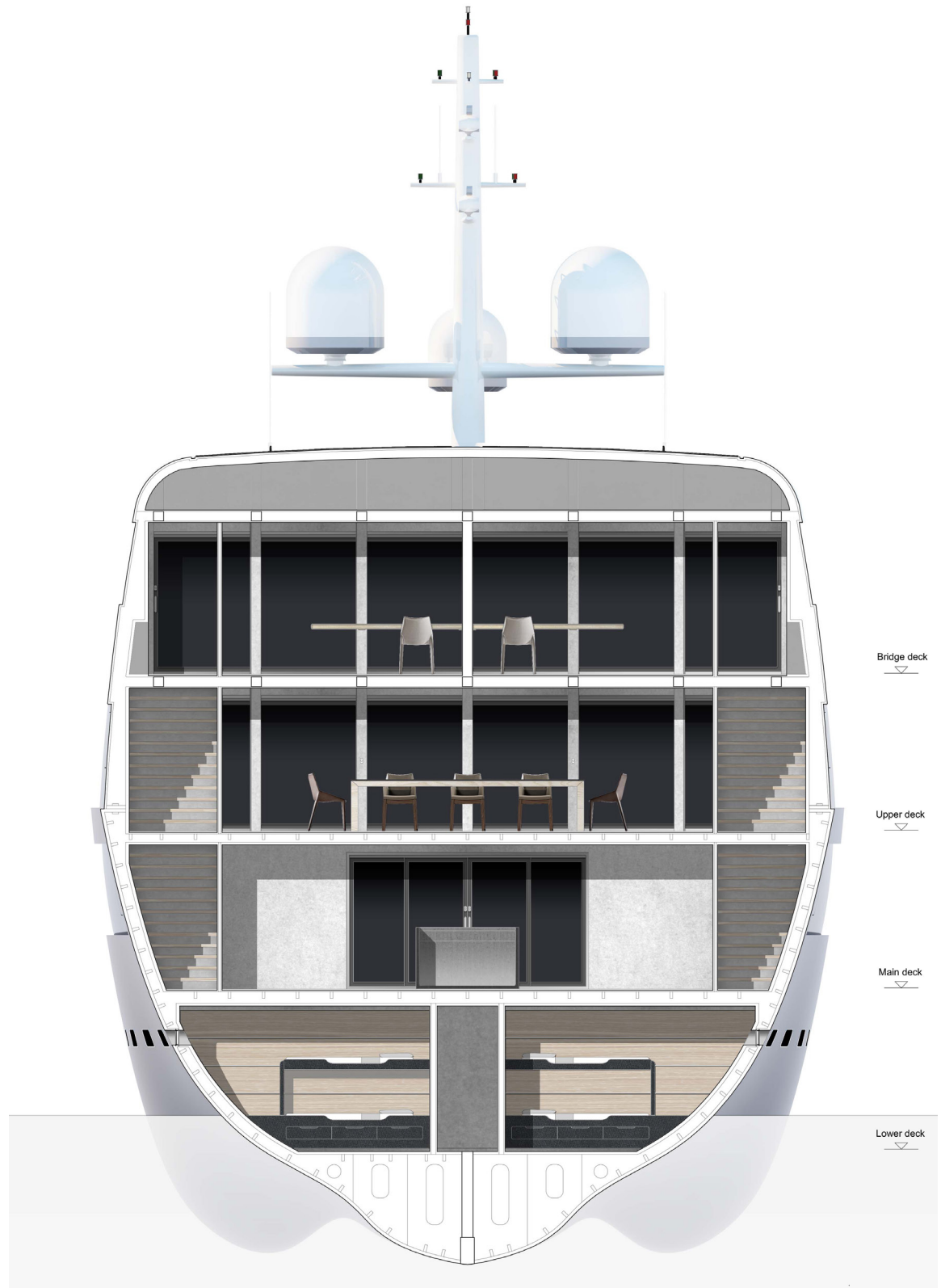


[73]



[73] Sezione di poppa

[74]



[74] Sezione maestra

## Main deck

Il ponte principale [fig. 54] è suddiviso in due zone, una all'esterno per le attività di lavoro all'aperto, e una all'interno compartimentata per diverse funzioni.

L'area esterna, distribuita sui due scafi, è coperta dal secondo ponte superiore; questo agevola le operazioni che devono essere effettuate all'esterno fornendo un riparo agli operatori. Da questo ponte si ha l'accesso alla camera iperbarica pluriposto, collocata nel volume cilindrico di collegamento tra i due scafi; questo locale è molto importante per questa tipologia di imbarcazione poichè consente di effettuare un trattamento iperbarico di decompressione agli operatori subacquei che risalendo in superficie non hanno rispettato le tabelle di decompressione e rischiano quindi un'embolia gassosa o che per altri motivi presentano i sintomi della malattia da decompressione. Nella camera iperbarica si crea una pressione differente da quella atmosferica che elimina questi rischi.

Accedendo invece al primo locale sottocoperta si trova un ampio spazio a tutto baglio destinato alle operazioni di preparazione all'immersione ed all'emersione degli operatori subacquei. Qui è disposta in appositi scompartimenti tutta l'attrezzatura per OTS (operatore tecnico subacqueo) necessaria per l'attività subacquea: mute, caschi integrali, pinne, zavorre, gav, erogatori, strumentazione e bombole. Per la ricarica di queste ultime è installato un compressore ad alta pressione ed uno a bassa pressione per l'alimentazione della sorbona. La sorbona è uno strumento ad aria o ad acqua che viene impiegato nello scavo subacqueo per liberare i sedimenti sul reperto e viene ancorato

sul fondale vicino allo scavo archeologico. Si compone di un tubo zincato di diametro variabile dai 10 ai 30 cm a seconda dell'applicazione, dalla cui bocca, immersa in acqua, avviene l'ingresso dell'aria tramite un compressore installato sull'imbarcazione; l'aria, tendendo a risalire in superficie crea una depressione all'interno del tubo che permette di aspirare l'acqua e tutti i sedimenti. Un ulteriore tubo di scarico rilascia i sedimenti e gli scarti; questo deve ovviamente essere collocato lontano dalla postazione di lavoro per evitare che influenzi la visibilità nell'area in cui agiscono gli operatori ed essere dotato di una gabbia granulometrica all'estremità.

Dal locale appena descritto, tramite un'ampia apertura si accede, scendendo alcuni gradini, alla piattaforma centrale esterna a diretto contatto con l'acqua. Dalla piattaforma, ampia 4 metri, gli operatori terminano il processo di preparazione alla discesa e possono accedere all'acqua riparati dalle onde poichè in mezzo ai due scafi. Questo varco che divide l'imbarcazione non agevola solo questo tipo di operazione ma consente anche il recupero o la messa in acqua di dispositivi come il tender, che vengono a trovarsi in una posizione favorevole e meno disturbata dal moto ondoso. Questi dall'esterno entrano dall'apertura centrale, protetta da parabordi, passano sotto al volume cilindrico e vengono sollevati da una delle gru e posizionati sui ponti esterni. Sempre da questo passaggio si può procedere al recupero di reperti pesanti che verranno poi portati nel laboratorio a prua. Al primo laboratorio si accede dal locale destinato alle attività subacquee tramite grandi aperture previste per il passaggio di attrezzature e di reperti. In questo locale avvengono i primi interventi di restauro dei

[75]



[75] Pianta main deck



reperiti archeologici; lunghi tavoli da lavoro sono disposti alle pareti mentre in posizione centrale è collocata la vasca per il bagno di stoccaggio dei reperti recuperati. Infatti il materiale archeologico portato in superficie necessita di particolari trattamenti per evitare che il cambiamento di ambiente alteri l'oggetto. I reperti vengono quindi immersi in vasche con soluzioni differenti a seconda del tipo di materiale (ad esempio legno, legno associato a metalli, ceramica, rame, bronzo, piombo), spesso unite ad acqua salina, e si eseguono ripetuti lavaggi per eliminare i fattori di instabilità del materiale. Queste operazioni, da svolgersi immediatamente dopo al recupero, sottolineano quanto sia importante il lavoro di un'imbarcazione di questo tipo per il recupero del patrimonio sommerso.

Proseguendo verso prua, passato il laboratorio, si trovano gli ultimi due locali; un primo locale chiuso per lo stivaggio dei materiali ed un secondo ambiente dove sono contenuti in armadiature gli strumenti necessari al laboratorio e dove, tramite scale, si scende nel lower deck.

Anche nel main deck, come nel lower, il rivestimento di pavimenti e pareti è in resina epossidica per i motivi descritti precedentemente, mentre la pavimentazione dell'area esterna è in teak sintetico, antiscivolo, resistente agli urti e di facile manutenzione e minor costo; in teak massello i tientibene.

### *Upper deck*

A questo piano si accede tramite due collegamenti verticali presenti nel main deck e si trovano tre locali in un unico ambiente aperto [fig. 55]. Una sala

riunioni dove si può ritrovare il personale tecnico per discutere sugli interventi, ricevere istruzioni ed analizzare i dati; una stazione di controllo del lavoro in immersione, con monitor e terminali delle telecamere fisse poste sul fondale (per seguire e registrare le varie fasi dello scavo) e del dispositivo per il collegamento continuo con gli operatori subacquei; un terzo locale adibito a laboratorio grafico per la preparazione dei rilievi e disegni da effettuare sott'acqua e per la loro elaborazione al termine di ogni immersione. Da questi due vani tecnici, tramite due aperture stagne, si ha accesso alla prua dove si eseguono le operazioni di ormeggio; vi sono quindi bitte per l'ancoraggio e i verricelli d'ancora per salpare e calare l'ancora. Poiché questo ambiente è contenuto nella sovrastruttura, due portelloni laterali e finestre a discesa consentono le operazioni con l'esterno.

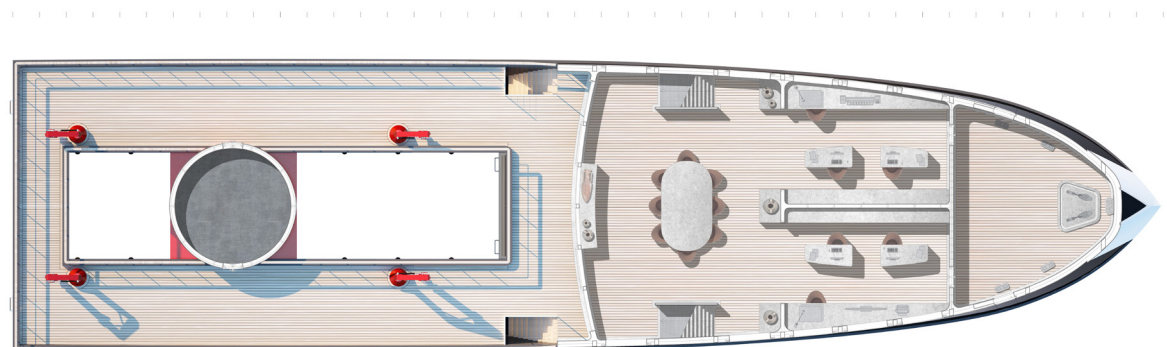
A poppa si trova il secondo ponte esterno, collegato al ponte inferiore tramite due scale poste ai lati. Si accede ad esso tramite ampie finestrate che permettono altresì il monitoraggio delle operazioni all'esterno. Sono installate quattro gru idrauliche telescopiche a braccio articolato con sbraccio massimo di 9 metri e una portata di 3,3 tonnellate ognuna. Queste servono per il sollevamento e la messa in acqua delle unità accessorie, come il tender, e per il recupero diretto dei reperti troppo pesanti per essere trasportati con altri sistemi. Questo ponte, a differenza di quello inferiore, si ricongiunge all'estremità per questioni strutturali e per agevolare i movimenti degli operatori. Al centro del ponte si innalza il volume cilindrico che contiene un vano per lo stoccaggio dei materiali e delle attrezzature dal lavoro.

[76] Pianta upper deck

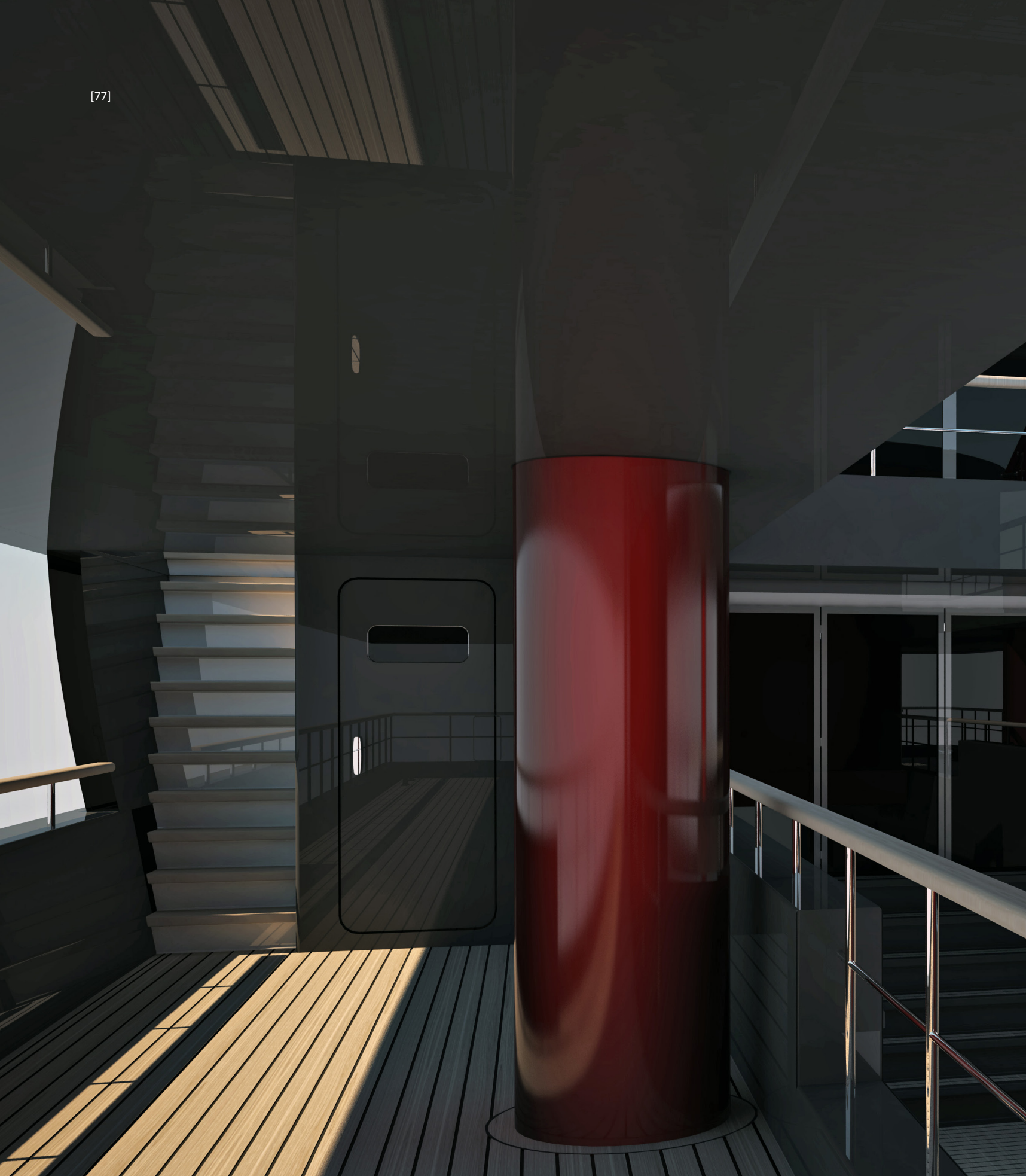
Pagine seguenti:

- [77] Vista dal ponte esterno del main deck guardando a prua
- [78] Vista dal ponte esterno dell'upper deck guardando a prua
- [79] Vista prospettica di poppa
- [80] Vista centrale all'altezza dell'upper deck guardando a prua
- [81] Vista centrale all'altezza del lower deck guardando a prua
- [82] Vista dal ponte esterno dell'upper deck; operazione di sollevamento tender

[76]

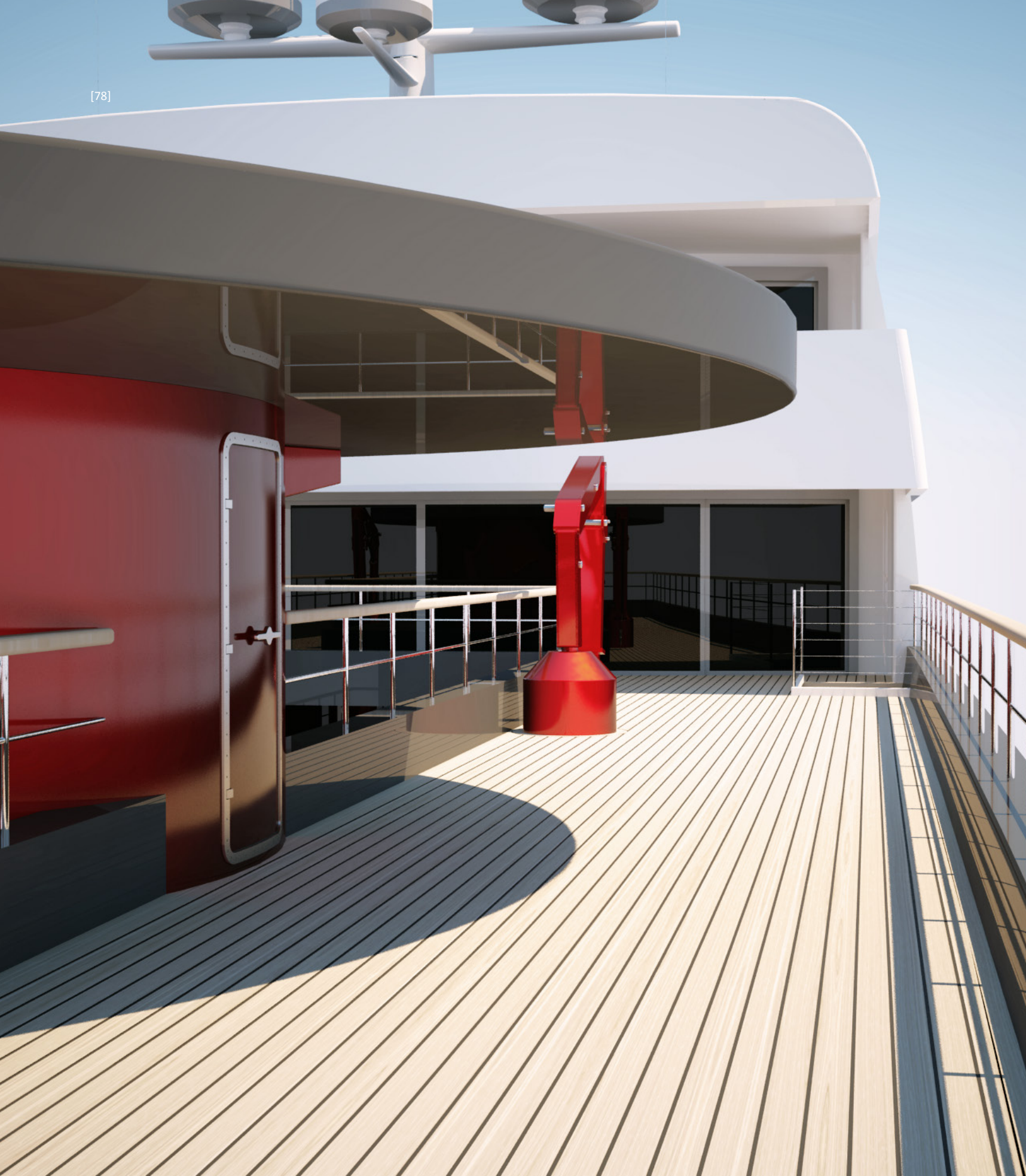










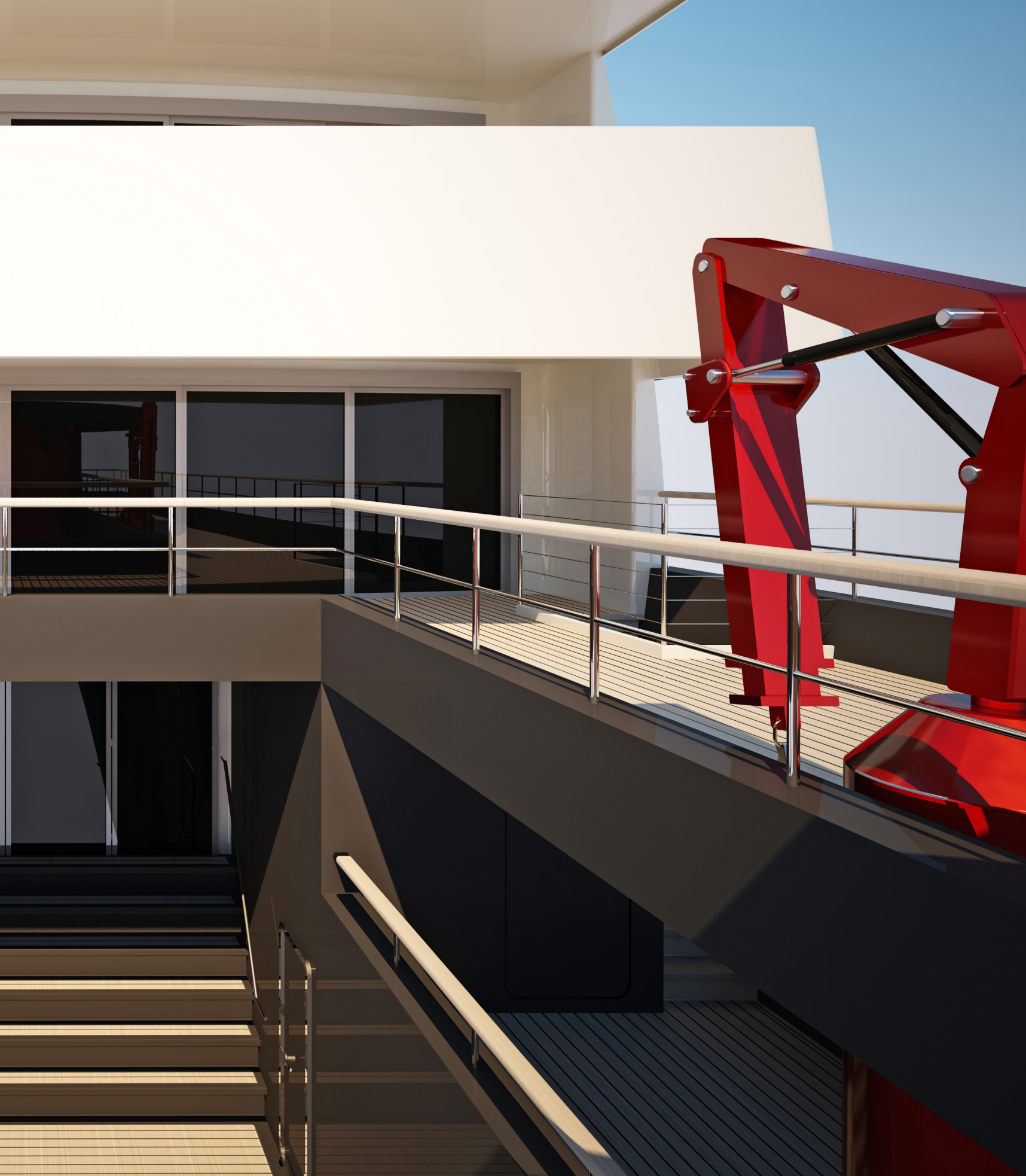


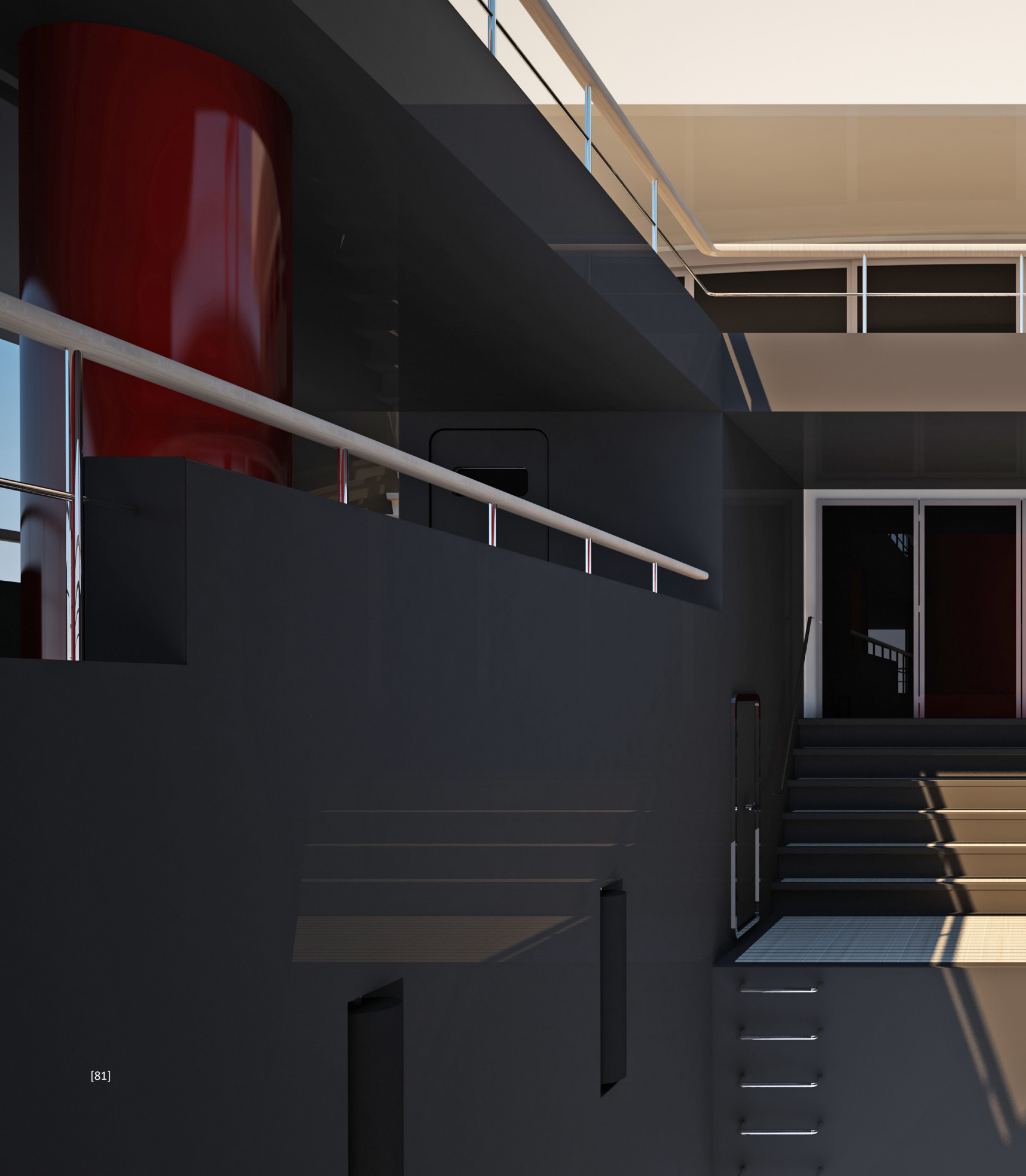




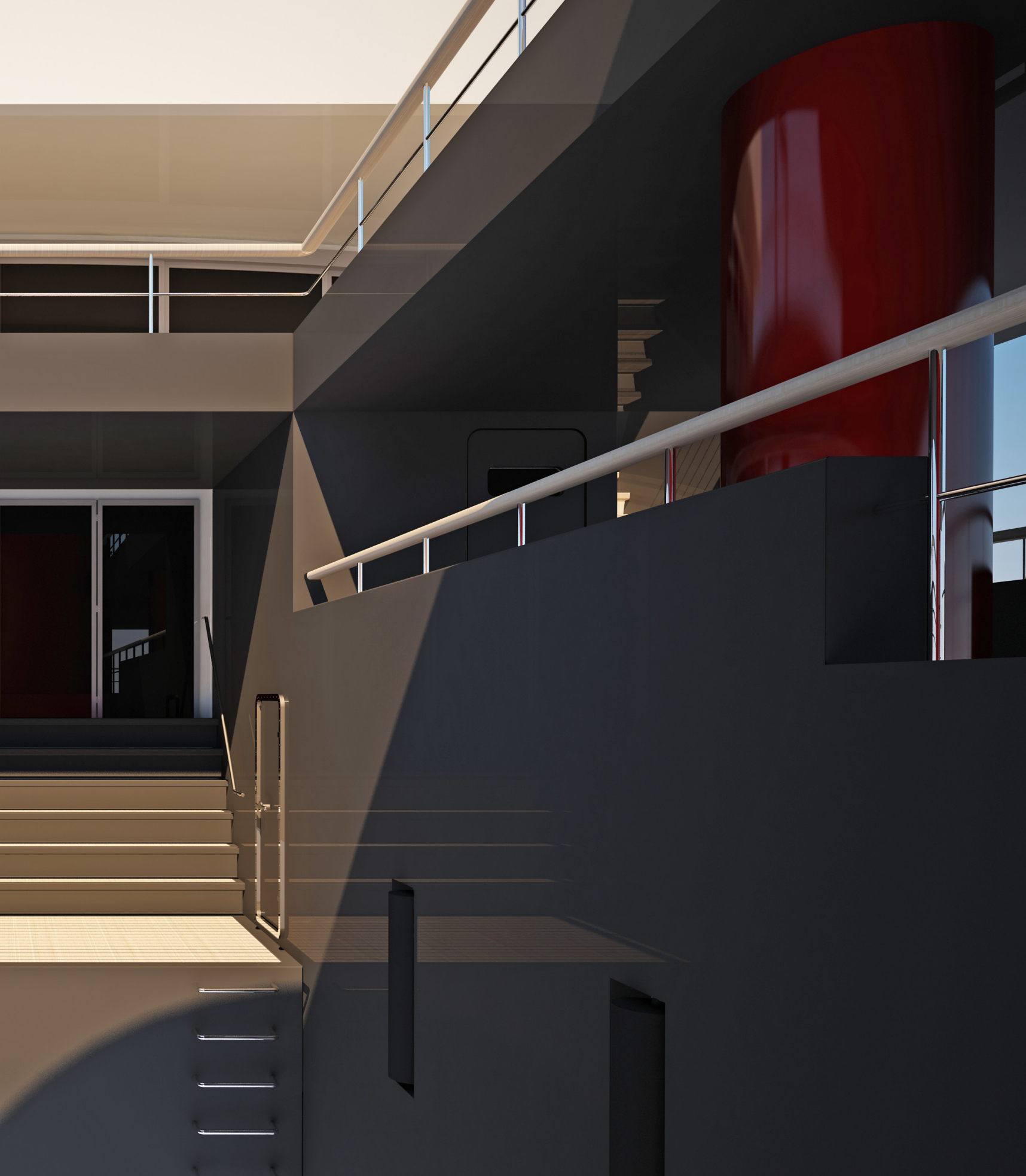






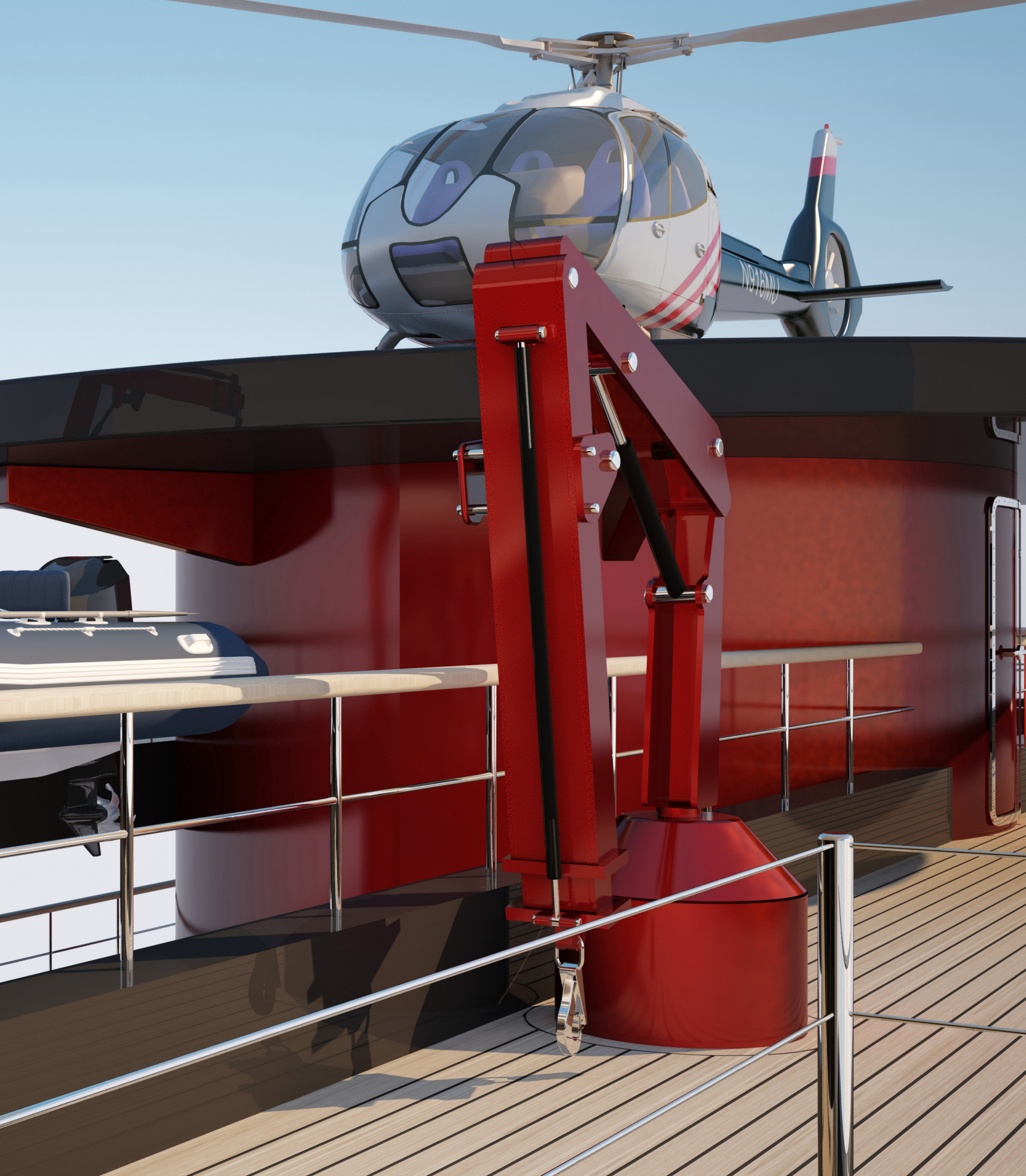












## Bridge deck

L'ultimo ponte superiore [fig. 62] è riservato interamente all'equipaggio di bordo dell'imbarcazione ed ha ampie finestrate e una terrazza privata che si affaccia a poppa. A questo piano si accede tramite due risalite verticali poste nell'upper deck ed è suddiviso in cinque compartimentazioni principali.

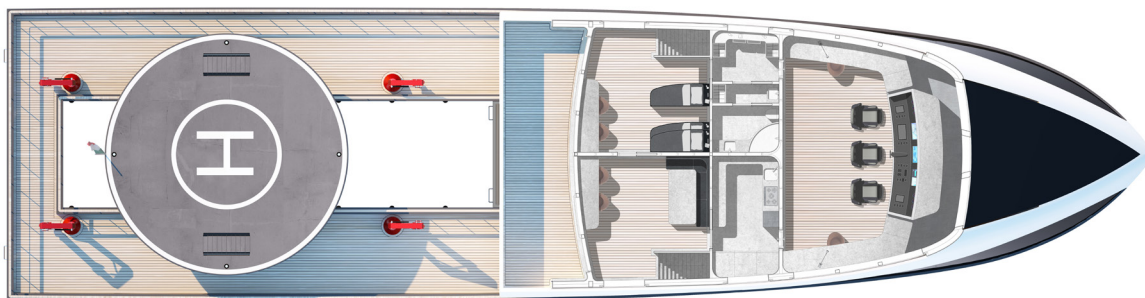
La cabina può ospitare tre o più persone a seconda del numero dello staff di bordo, è dotata di letti a castello e una scrivania ed ha l'accesso diretto alla terrazza. Tramite uno spazio di disimpegno adibito a cabina armadio si accede ai servizi e alla sala comandi. In quest'ultima sono installate tutte le apparecchiature e le attrezzature necessarie per la condotta della nave. Grazie a un'ampia finestratezza frontale e laterale si ha un'ottima visuale dell'orizzonte circostante, per poter gestire in sicurezza le attività di navigazione, sia in mare che portuali. Gli ultimi due locali collegati al ponte di comando sono una cucina di servizio e una zona relax. La cucina, come quella nel lower deck, è

dotata di accorgimenti tecnologici relativi alla tenuta all'umidità e alla sicurezza in navigazione, rivestita da materiali alleggeriti e resistenti all'umidità e alla corrosione e con fondi ispezionabili per accedere alle diverse utenze.

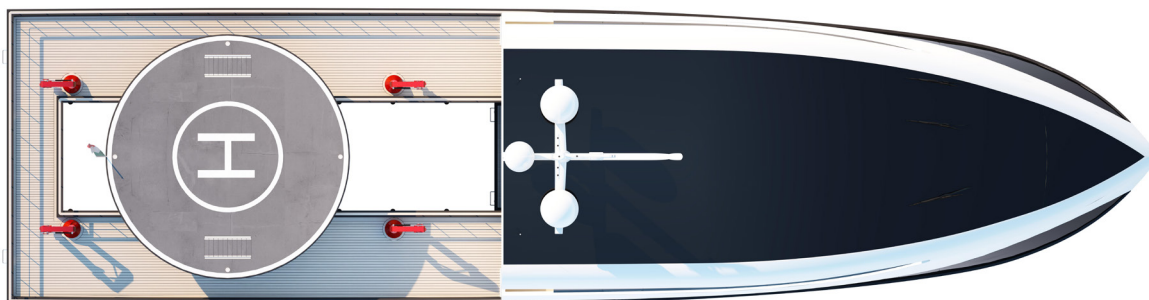
La zona relax si affaccia sulla terrazza e può essere riservata all'equipaggio o venire utilizzata da ospiti a bordo o dal personale a seconda delle esigenze, essendo separata dal resto dei locali.

A poppa è installata la piattaforma per l'atterraggio dell'elicottero, molto utile poichè per le navi da ricerca svolgono attività che richiedono lo stazionamento fisso per certi periodi di tempo, sia per il monitoraggio che per altre operazioni da effettuare senza sosta, per cui potrebbe essere necessario il rifornimento di provviste ed attrezzature. Inoltre assicura anche l'evacuazione di emergenza in caso di incidenti che prevedono l'evacuazione. Come per gli altri ponti, nei locali dove non sono richiesti rivestimenti per la sicurezza, come nella cabina, nella zona relax e nella sala comandi, il rivestimento della pavimentazione è in teak; hanno invece un rivestimento in resina epossidica i servizi, la cucina e la piattaforma.

[83]



[84]



[83] Pianta bridge deck  
[84] Vista dall'alto

Pagina affianco:  
[85] Vista centrale dalla  
piattaforma guardando  
verso prua

Pagine seguenti:  
[86] fotoinserimento 1  
[87] fotoinserimento 2  
[88] fotoinserimento 3



























## *Conclusioni*

*Lo svolgimento del lavoro di ricerca, unitamente a quello progettuale, ha portato allo sviluppo di un'imbarcazione che intende essere un modello per tutti i mezzi navali che svolgono attività inerenti l'archeologia sommersa. Le conoscenze acquisite nei due campi di indagine, archeologia e yacht design, hanno permesso di progettare un'unità in grado di assolvere funzioni polivalenti, nel rispetto della funzionalità e delle geometrie necessarie per una corretta tenuta al mare.*

## GLOSSARIO dei termini marinareschi

### ALTEZZA DI COSTRUZIONE

È una delle dimensioni principali della nave ed è la distanza fra la retta del baglio del ponte principale e la linea di costruzione, misurata al mezzo della lunghezza fra le perpendicolari.

### ANCORA

strumento metallico con bracci terminali detti *marre*, utilizzato, una volta gettato in acqua, per fermare l'imbarcazione ad essa legata mediante un cavo o una catena. Diversi sono i tipi di ancore a seconda dei fondali e delle caratteristiche dell'imbarcazione.

### APPARATO MOTORE

Il complesso dei sistemi atti a produrre il lavoro necessario per la propulsione della nave e il funzionamento dei servizi di bordo quali luce, acqua, ecc. Possono essere utilizzati sistemi esotermici (la combustione avviene all'esterno della macchina che produce il lavoro meccanico come nel caso del sistema caldaia/motrice), oppure endotermici (come nel caso dei motori a combustione interna).

### APPRUARE

affondare la prua più di quanto preveda il normale assetto.

### ASSE

dell'elica o del timone; sono chiamati i sostegni (quasi sempre di acciaio inox) che permettono ai vari organi di ruotare espletando così la loro funzione.

### ASSETTO

posizione corretta dello scafo rispetto alla superficie del mare.

### AVANTI

tutto ciò che sta verso prua o che si vede guardando in tale direzione.

### BAGLIO

trave di legno o di metallo posta trasversalmente all'asse longitudinale della barca, con la funzione di collegare superiormente la struttura della fiancata destra a quella di sinistra e di sorreggere la coperta.

### BAGLIO MASSIMO

larghezza massima della barca.

### BECHEGGIO

movimento ritmico di oscillazione longitudinale della barca (la prua si solleva dall'acqua mentre la poppa affonda e viceversa) impressa dal moto ondoso.

### BITTA

attrezzatura di coperta o di banchina dalla caratteristica forma a colonnina svasata a cui vengono fissate le cime d'ormeggio.

### BOA

oggetto galleggiante utilizzato come punto d'appoggio per facilitare le manovre di ormeggio o per sostenere segnali.

### BORDO

indica il fianco di una nave.

### BORDO LIBERO

altezza del piano di coperta rispetto al livello del mare (con la barca in assetto), misurata a metà scafo. L'altezza del bordo libero determina anche i volumi degli interni, aumentando per un verso la riserva di galleggiabilità e stabilità della barca a grandi angoli di sbandamento, ma influenzando anche il peso dell'imbarcazione, la sua resistenza al vento e alzando il baricentro dello scafo.

### BULBO DI PRUA

è un bulbo sporgente a prua di una nave appena sotto la linea di galleggiamento.

### CABINA

locale sottocoperta isolato in cui è garantita l'abitabilità.

### CABINATO

barca pontata dotata di una o più cabine.

### CARENA

è la parte immersa dello scafo, detta anche *opera viva* per essere a contatto con l'acqua.

### CARTEGGIO

serie di operazioni per seguire sulla carta nautica (posta sul tavolo di carteggio) tutte le fasi della navigazione.

#### CATAMARANO

imbarcazione a stabilità di forma dotata di due scafi simmetrici paralleli tra loro.

#### CENTRO DI CARENA

baricentro del volume della parte immersa, ovvero dell'acqua spostata; detto anche *centro di spinta* (di Archimede) essendo il punto in cui si può immaginare concentrata la spinta idrostatica. Il centro di carena varia al cambiare dello sbandamento dello scafo.

#### CHIGLIA

parte tra le più importanti negli scafi delle imbarcazioni in legno, composta da una trave longitudinale a costituire la base per l'ossatura della carena; nelle imbarcazioni moderne ha conservato questo nome l'irrigidimento longitudinale a centro scafo, spesso luogo dell'unione dei due semigusci. Nelle navi o barche in legno la chiglia è una robusta trave che corre nella parte più bassa, da prora a poppa, rafforzata sopra e sotto da tre controtravi, detti rispettivamente (dall'alto verso il basso) controparemezzale, paremezzale, chiglia, controchiglia.

#### COMPENSATO MARINO

lastra di legno costituito da diversi strati incollati e pressati tra loro, posti con le fibre in senso perpendicolare tra strato e strato per ridurre la possibilità di dilatazione o deformazione della struttura; il compensato marino è normalmente realizzato sovrapponendo fogli di mogano e utilizzando colle resistenti all'ambiente marino. Spesso il lato a vista è in teak o altro legno pregiato, eventualmente venato con sottili listelli neri (per esterni) o bianchi (per interni).

#### CORPO MORTO

oggetto pesante immerso fissato sul fondo di forma o dimensioni tali da permettere l'ormeggio di un'imbarcazione; il cavo di ormeggio in questo caso prende il nome di *grippia*.

#### CORRENTE

parte dell'ossatura longitudinale dello scafo.

#### DIAGONALI

le diagonali di uno scafo (o anche forme) rappresentano graficamente, nel disegno di una barca, le linee intermedie tra le linee d'acqua e le linee longitudinali. Si ottengono sezionando lo

scafo secondo dei piani obliqui rispetto a quello longitudinale. Queste linee servono a rappresentare quelle parti dove l'acqua scorrerà lungo lo scafo durante la navigazione. Da questo punto di vista una carena potrà avere linee d'acqua più o meno "tese". In linea generale più le forme di carena sono tese, più saranno veloci, come è frequente trovare sulle barche da regata; a una maggiore convessità corrisponderà invece una migliore manovrabilità, capacità evolutiva dello scafo, ma anche una maggiore tendenza al beccheggio.

#### DIPORTO

è la navigazione fatta per puro divertimento o sport, senza fini di lucro.

#### DISLOCAMENTO

peso del volume di acqua spostato dalla barca (principio di Archimede), quindi peso totale effettivo dell'imbarcazione.

#### DISLOCANTE

La carena tonda, detta carena dislocante, è quello scafo che, con l'aumentare della velocità, ha una resistenza d'onda superiore a quella d'attrito, perciò si adatta meglio alle basse e medie velocità.

#### DRITTO DI PRUA

è la linea a prua estrema dove confluiscono le fiancate; quando è arrotondato prende anche il nome di *ruota di prua*. Il dritto di poppa è, in modo simmetrico, la parte terminale della poppa, quasi sempre costituita non dal congiungimento diretto delle fiancate e dell'opera viva, ma da un ampio specchio di poppa, per accrescere lo spazio vivibile a bordo e la stabilità di forma dello scafo.

#### ECOSCANDAGLIO

strumento elettronico per misurare la profondità del mare; presente su tutte le barche moderne, funziona sul principio della quasi uniforme velocità di propagazione del suono in acqua: misurando il tempo di ritardo dell'eco di un segnale a ultrasuoni emesso da un trasduttore posto in sentina, è possibile determinare l'entità del fondale.

#### ELICA

organo di propulsione per natanti a motore.

#### EQUIPAGGIO

insieme di persone a cui sono affidate le manovre di una imbarcazione.

#### FASCIAME

insieme delle tavole in legno o delle lamiere di alluminio, ferro o acciaio che formano la parte esterna dello scafo, ricoprendo l'ossatura; vi sono diversi tipi di fasciame come quello sovrapposto (detto anche fasciame a labbro quando è parzialmente sovrapposto), doppio, diagonale o a clinker.

#### FONDALE

distanza tra la superficie del mare e il fondo, ovvero profondità dell'acqua; questa grandezza è riportata in metri sulle carte nautiche edite dall'Istituto Idrografico della Marina.

#### FUORI TUTTO

lunghezza massima della barca.

#### GAVONE

locale di deposito situato nella parte inferiore dello scafo.

#### GPS

*Global Positioning System*; è un sistema per la determinazione in tempo reale della esatta posizione sul pianeta, in latitudine, longitudine e altezza: è basato sul rilevamento effettuato da uno strumento ricevente (detto GPS) che capta e decodifica i segnali radio emessi da almeno quattro satelliti su un totale di 24 posti in orbita a questo scopo.

#### IMMERSIONE

distanza verticale misurata dalla linea d'acqua fino al punto più basso dello scafo (chiamasi anche *pescaggio* o *tirante d'acqua*).

#### LAMELLARE

modo di costruire gli scafi in legno sovrapponendo sottili listelli in vari strati disposti diagonalmente tra loro, legando il tutto con particolari colle così che, a sandwich ultimato, la struttura non risente di alcuna deformazione indotta dall'assorbimento di acqua da parte del legno.

#### LEGA LEGGERA

materiale a base di lega di alluminio utilizzato nella costruzione di alberi e boma: recentemente è stato introdotto anche per la realizzazione di scafi aventi dislocamento medio-leggero.

#### LINEA DI GALLEGGIAMENTO

è la linea di separazione tra la parte di scafo immerso (opera viva) e quello emerso (opera morta): normalmente viene disegnata alcuni centimetri sopra

quella reale per potere facilmente osservare l'assetto longitudinale della barca.

#### LINEE D'ACQUA

nella rappresentazione grafica di un piano di costruzione di una barca, le linee d'acqua sono quelle curve che concorrono a definire la carena. Si ottengono sezionando lo scafo a fette, in vista orizzontale, secondo i piani paralleli al galleggiamento. Per linea al galleggiamento si intende la più alta delle linee d'acqua.

#### LUCI DI NAVIGAZIONE

luci di colore diverso poste in maniera di poter rilevare l'imbarcazione di notte e di conoscerne la direzione.

#### LUNGHEZZA AL GALLEGGIAMENTO

lunghezza dell'imbarcazione calcolata all'altezza del galleggiamento della stessa.

#### MADIERE

elemento dell'ossatura trasversale di ogni scafo in legno costituito dal collegamento fatto immediatamente al di sopra della chiglia fra gli staminali dei due lati.

#### MEZZERIA

per mezzeria s'intende tutto ciò che sta verso il centro della nave, sia nel senso longitudinale sia nel senso trasversale.

#### MURATA

nome generico e comprensivo del fianco di una nave, con speciale riguardo alla sua parte emersa. La murata è la superficie esterna e laterale dello scafo, che si estende dalla linea di galleggiamento fino all'orlo superiore del parapetto.

#### NATANTE

barca o altro oggetto costruito per navigare in genere che indica tutti i galleggianti; la legge italiana con questo termine definisce le piccole unità da diporto, l'unità a vela o a motore, di lunghezza uguale o inferiore a 10 metri, e le unità a remi.

#### OCEANOGRAFIA

l'oceanografia è la scienza che studia le leggi che regolano i fenomeni che si verificano negli oceani, in particolare i movimenti, i componenti e le proprietà fisiche e chimiche delle acque marine e i rapporti che queste hanno sull'ambiente circostante e gli esseri viventi.



#### OPERA MORTA

parte dello scafo al di sopra della linea di galleggiamento. Il termine deriva dal fatto che la sua funzione non è vitale come quella della parte opposta, situata sotto la linea di galleggiamento, detta per questo motivo *opera viva*. Viene detta anche *bordo libero*; nella descrizione della barca si sottolinea di solito la sua altezza più o meno elevata.

#### OPERA VIVA

parte dello scafo al di sotto della linea di galleggiamento.

#### ORDINATA

elemento della struttura trasversale dello scafo che dalla chiglia raggiungeva i dormienti. Le ordinate, numerosissime, erano costituite da vari pezzi denominati staminali, scalmi e scalmotti.

#### ORMEGGIARE

compiere le operazioni necessarie per assicurare con cime e ancore lo scafo alla terraferma. Per ormeggiare uno scafo esistono diversi sistemi che tengono conto del tipo di ormeggio adottato (di fianco, perpendicolare alla banchina, con utilizzo di corpo morto, con ancora, alla boa, etc.) oltre che delle condizioni meteomarine (venti e correnti). Il tipo più classico è quello parallelo alla banchina con quattro cime distese a terra e un'ancora data fondo.

#### OSSATURA

è l'insieme degli elementi e delle strutture che costituiscono lo scheletro di uno scafo. Si divide in *ossatura longitudinale* (chiglia, paramezzali, trincarini, serrette, ecc.), *ossatura trasversale* (costole, bagli, ecc.) e *ossatura verticale* (puntelli, ecc.).

#### PARAMEZZALE

rinforzo longitudinale della chiglia. La chiglia è una robusta trave che corre nella parte più bassa, da prora a poppa, rafforzata sopra e sotto da tre controtravi, detti rispettivamente (dall'alto verso il basso) contropamezzale, paramezzale, chiglia, controchiglia. Sopra i madieri delle costole.

#### PARATIA

struttura verticale impiegata per suddividere e per limitare i vari locali dello scafo, sia trasversalmente che longitudinalmente. Alcune paratie sono stagne e possono essere anche tagliafuoco. Le paratie stagne si elevano dal fondo fino oltre il piano di

galleggiamento e servono a delimitare alcuni locali, che, per tal motivo, vengono detti compartimenti stagni. Tra le varie paratie è notevole la prima paratia stagna di prua, detta paratia di collisione. Anche elemento continuo di separazione verticale all'interno di uno scafo o a delimitazione delle sue sovrastrutture, come il cassero e il castello.

#### PESCAGGIO

è la misura verticale compresa tra la parte inferiore della chiglia e la linea di galleggiamento e rappresenta, quindi, l'altezza della carena. Sulle navi il pescaggio è indicato da apposite scale raffigurate a poppa, a prua e, talvolta al centro. Vi sono due modi di rappresentare il pescaggio a seconda dell'unità di misura adoperata. Se la misura viene espressa secondo il sistema metrico decimale, nella scala sono rappresentati soltanto i numeri pari (normalmente si utilizzano le cifre arabe), ogni numero è alto un decimetro e lo spazio tra un numero e il successivo è pure di un decimetro. Se si adopera il sistema di misura anglosassone, nella scala sono rappresentati sia i numeri pari che quelli dispari (normalmente si utilizzano i numeri romani), ogni numero è alto mezzo piede e lo spazio tra un numero e il successivo è pure di mezzo piede.

#### PIANO

il termine piano viene associato a diverse parole ed è utilizzato, in marineria, per indicare numerose cose assai differenti tra loro. Si hanno, per esempio, i *piani geometrici dello scafo* (longitudinale, trasversale e verticale), il *piano di deriva*, che rappresenta la proiezione della superficie di carena sul piano longitudinale di simmetria dello scafo, il *piano di galleggiamento*, il *piano del garbo*, che è il piano delle diverse ossature, il *piano di carico*, il *piano velico*, che rappresenta lo studio della superficie velica di un veliero, della sua suddivisione a seconda del tipo di vela e della posizione e della forma che assume nello scafo, ecc.

#### PLANANTE

uno scafo planante è uno scafo che, in moto, trova il suo principale sostegno nella reazione dinamica dell'acqua.

#### PLANARE

superare la velocità critica legata alla lunghezza al galleggiamento della barca, causando di conseguenza il sollevamento idrodinamico per cui l'imbarcazione viene portata sopra la sua onda.

#### PLOTTER

lo schermo dove vengono visualizzate le carte nautiche elettroniche viene chiamato *chart plotter* o solo *plotter*

#### PONTE

ogni struttura continua orizzontale che si estenda da una parte all'altra dello scafo; quello superiore a ogni altro è detto di coperta.

#### POPPIA

parte posteriore della barca.

#### PRORA

o *prua*, parte anteriore dell'imbarcazione.

#### PUNTALE

elemento centrale di sostegno situato fra i ponti.

#### RADAR

dall'inglese, *radio detecting and ranging*, rilevamento radio e misurazione di distanze, nome di apparecchiature con le quali, mediante onde elettromagnetiche, è possibile determinare la posizione di un oggetto nello spazio. Il principio di funzionamento del radar consiste nell'inviare verso l'oggetto cercato radioonde generalmente modulate a impulsi e nel ricevere le onde riflesse dall'oggetto medesimo (echi radar). Schematicamente, un impianto radar a impulsi consta di un'antenna fortemente direttiva, del tipo paraboloidale, che rotando attorno a un asse o a un punto emette uno stretto fascio di onde generato da un trasmettitore, modulato a impulsi da un modulatore. L'eco di ritorno captata dall'antenna è inviata a un ricevitore e, dopo l'amplificazione, a un indicatore. La stessa antenna è usata per la trasmissione e la ricezione; a tal fine sulla linea di alimentazione è inserito un dispositivo di commutazione che sconnette il ricevitore durante la trasmissione degli impulsi e sconnette il trasmettitore nell'intervallo tra la trasmissione di un impulso e quella del successivo.

#### RELITTO

tutto ciò che rimane dopo un naufragio.

#### RESINA EPOSSIDICA

è un composto liquido bicomponente, costituito da una resina (di natura epossidica, poliuretana, metacrilica ecc.) ed un indurente. La loro miscelazione innesca una reazione chimica (catalisi) che ne provoca l'indurimento.

#### SALPA ANCORA

particolare tipo di verricello normalmente munito di barbotin, per facilitare le manovre di ancoraggio (salpare, spedare, gettare l'ancora, ecc.).

#### SALPARE

trarre l'ancora a bordo e lasciare gli ormeggi.

#### SANDWICH

nella nautica da diporto il termine indica una particolare lavorazione a strati, ad esempio due strati di vetroresina con in mezzo uno di balsa o poliuretano, così da creare una struttura rigida e leggera al tempo stesso.

#### SCAFO

il complesso delle strutture costituenti il corpo di un galleggiante.

#### SEGNALAMENTO MARITTIMO

struttura fissa o galleggiante predisposta per sostenere ed evidenziare un segnale.

#### SEZIONI

nei piani costruttivi di un'imbarcazione per sezioni si intendono solitamente quelle *trasversali*, ovvero i disegni delle linee che risultano tagliando lo scafo a fette perpendicolari all'asse più lungo (le *ordinate*). Sapere leggere la loro disposizione è fondamentale per la comprensione delle caratteristiche della barca.

#### SPECCHIO

parte poppiera della barca, spesso di profilo piatto, che funge da parte terminale in collegamento con le due fiancate.

#### SPIAGGETTA

nell'uso nautico attuale, il termine spiaggetta indica la parte a estrema poppa dello scafo utilizzato come piattaforma orizzontale per consentire di scendere e risalire comodamente in acqua.

#### STABILITÀ

attitudine di una barca a rimanere immobile e, di conseguenza, di tornare nella sua posizione di normale assetto dopo che sia cessata una forza che l'abbia fatta sbandare.

#### TEAK

albero della famiglia delle verbenacee da cui si ricava un legno leggero e molto resistente, utilizzato a listelli nella realizzazione del piano di coperta o degli interni.

#### TENDER

battellino di servizio o piccolo gommone utilizzato per scendere a terra quando non è possibile attraccare o avvicinarsi sufficientemente a riva, o per operazioni che non si possono effettuare sull'imbarcazione.

#### TIENTIBENE

corrimano o equivalenti profili sagomati, fissati saldamente alla tuga, ai lati del tambuccio o anche all'interno della barca come appiglio per l'equipaggio.

#### TRIMARANO

barca con tre scafi, uno maggiore al centro e due più piccoli laterali con funzione di stabilità.

#### TRIREME

nave a tre ordini di remi.

#### VERRICELLO

apparecchio meccanico, simile all'argano (che però ha l'asse verticale), atto a esercitare una forza su una manovra in cavo o catena (linea di ormeggio) per tesarla.

#### VETRORESINA

tipo di plastica composto da fibre di vetro impregnate di resina poliestere o epossidica, così da formare un laminato rigido di notevole resistenza.

#### Zavorra

termine indicante un qualunque peso di bordo per aumentare la stabilità (spostando in basso la posizione del baricentro complessivo dello scafo) o per accrescerne il pescaggio. Sulle navi e nei grandi yacht è costituita dall'acqua (zavorra temporanea) che riempie parte del doppiofondo o appositi serbatoi, imbarcata e sbarcata dai vari compartimenti tramite particolari pompe. La stabilità è ottenuta abbassando il baricentro G dello scafo e, nel caso di zavorra liquida, anche variando il peso complessivo.

## BIBLIOGRAFIA

### Yacht design

- AA. VV., *Grande Atlantico, cargo ship stories*, Letteraventidue, Roma 2010.
- AA. VV., *Interior yacht design*, Franco Angeli, Milano 2009.
- ELVETICO, Maurizio, *Navigare. Dizionario enciclopedico della nautica*, Nutrimenti, Roma 2012.
- GLETZEL, Paul, *Il manuale della barca a motore*, Hoepli, Milano 2007.
- LEAN-VERCOE, Roger, "E&E", in *Boat International*, n. 306, dicembre 2011, pp. 116-126.
- MANCUSO, Marina, "Benetti diamonds are forever", in *Barche*, n. 10, ottobre 2012, pp. 174-181.
- MARTINELLI, Emilio, "Andrea Vallicelli", in *Yacht Design*, n. 2, aprile 2013, pp. 10-16.
- MUSIO-SALE, Massimo, *Yacht design. Dal concept alla rappresentazione*, Paravia, Torino 1995.
- PAPERINI, Massimo, *Yacht design. Interni e sovrastrutture*, Alinea, Firenze 2012.
- SCIARIELLI, Carlo, *Lo Yacht*, Mursia, Milano 1988.
- SPADOLINI, Guido, *Design nautico*, Alinea, Firenze 2004.
- VERONESE, Bruno, *Yacht. Progetto e costruzione*, Editrice Incontri Nautici, Roma 1999.
- CHISNELL, Mark, "Superyacht design: Admiral Tecnomar", in *Boat International*, n. 324, giugno 2013, pp. 62-68.

### Archeologia sommersa

- AA. VV., *Archeologia subacquea*, Arnoldo Mondadori, Milano 1980.
- BLOT, Jean-Yves, *Archeologia sottomarina*, Sugarco, Milano 1991.
- LORUSSO, Salvatore, *La tutela e la valorizzazione dei manufatti di interesse storico in archeologia navale*, Pitagora, Bologna 2004.
- MANISCALCO, Fabio, *Archeologia subacquea. Manuale*, Alfredo Guida, Napoli 1992.
- MANISCALCO, Fabio, *Mare nostrum*, Massa, Napoli 1998.
- VOLPE, Giuliano, *Archeologia subacquea. Come opera l'archeologo sott'acqua*, quaderni del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti sezione Archeologica, Firenze 1998.
- DELLA LIBERA, Duilio, *Manuale del rilevamento archeologico subacqueo*, UNI Service, Trento 2008.



## Yacht design

<http://www.altomareblu.com>  
<http://www.archimek.com>  
<http://www.brighthubengineering.com>  
<http://www.bymnews.com>  
<http://www.charterworld.com>  
<http://www.dvomarinedesign.com>  
<http://www.fjellstrand.no>  
<http://forshipbuilding.com>  
<http://www.leganavale.it>  
<http://www.lewmar.com>  
<http://www.nauticexpo.it>  
<http://www.powercatsnz.com>  
<http://www.raffaelestaiano.com>  
<http://www.ship-technology.com>

## Archeologia sommersa

<http://www.archeocaor.beniculturali.it>  
<http://www.archeologia.beniculturali.it>  
<http://www.archeosub.it>  
[http://www.bbc.co.uk/history/ancient/archaeology/marine\\_01.shtml](http://www.bbc.co.uk/history/ancient/archaeology/marine_01.shtml)  
<http://best-diving.org/marine-archaeology/210-marine-archaeology-excavation-techniques>  
<http://www.ecu.edu/cs-cas/maritime/stemtostern.cfm>  
<http://www.eu-seased.net>  
<http://www.franckgoddio.org>  
<http://www.ogs.trieste.it>

## ELENCO ILLUSTRAZIONI

[1] Antiche navi egizie di Hatshepsut in partenza per Punt, 1470 a.C.	6
[2] Modello di <i>trireme</i>	8
[3] Modello di <i>galea</i>	8
[4] Modello di <i>clipper</i>	8
[5] Disegno del piroscifo <i>Trieste</i> del Lloyd Austriaco, 1847	9
[6] Riva Aquarama, tipologia runabout	11
[7] VanDutch 40, tipologia day cruiser	11
[8] Sunseeker Manhattan 63, tipologia flying-bridge	12
[9] Rio 54 air, tipologia hard top	12
[10] Hatteras 77 Convertible, tipologia sport fisherman	12
[11] MCC MarcoPolo 45M, tipologia explorer	12
[12] Navetta 26 crescendo, tipologia navetta	12
[13] Itama 45, tipologia open	12
[14] Classe T-3000, tipologia offshore	12
[15] Azzam, tipologia superyacht	12
[16] Schema dell'evoluzione degli scafi di imbarcazioni a motore	14
[17] Sezioni di uno scafo, a spigolo e a sezione rotonda	15
[18] Struttura trasversale scafo in legno	16
[19] Struttura longitudinale scafo in metallo	16
[20] Struttura mista scafo in metallo	16
[21] Tre disegni della carena FER.WEY, prua, poppa e in prospettiva	17
[22] Long Range 23 di Mochi Craft	17
[23] Equilibrio di un corpo galleggiante: la coppia di stabilità	18
[24] Movimenti di un galleggiante	18
[25] Forze che agiscono su un galleggiante e coppie di stabilità	19
[26] Piano di costruzione	21
[27] Sezioni maestre di imbarcazioni plananti in legno con elementi in compensato e legno laminato	23
[28] Sezione maestra di un motor yacht con scafo dislocante in acciaio saldato; il tipo di struttura è trasversale	24
[29] Sezione maestra di un moderno motor yacht a struttura longitudinale	24
[30] Sezione maestra di un'imbarcazione in acciaio di 60 m con ponte intermedio e balcone	25
[31] Sezione maestra di un'imbarcazione dislocante costruita in FRP con un unico involucro esterno	25
[32] Sezione maestra di uno scafo planante in FRP con fianchi e ponte in pannelli sandwich	25
[33] Apparato propulsivo	26
[34] Schema di linea d'asse rigida	27
[35] Esempio di giroscopio	28
[36] Installazione dello stabilizzatore	28
[37] Disegno tecnico dello stabilizzatore	28
[38] Esempio di strumentazione installata su una nave da ricerca	31
[39] Sun deck e profilo della nave da ricerca <i>Proteus</i>	31
[40] <i>André Malraux</i> in navigazione	32
[41] Laboratorio di bordo	32
[42] Vista esterna dal main deck	32
[43] disegno del profilo	32
[44] <i>Universitatis</i> ormeggiata	33
[45] Render della struttura vista da prua	33
[46] Render del main deck con compartimentazione	33
[47] Render della struttura da poppa	33
[48] I resti del relitto <i>Mary Rose</i> esposti al Mary Rose Museum di Portsmouth, nel Regno Unito	36
[49] Il ritrovamento di manufatti archeologici	37
[50] Rilevamento del fondale marino con il metodo della quadrettatura	39
[51] Esempio di cantiere di scavo subacqueo	40

[52] Prospezione del fondale marino con l'utilizzo del ROV	43
[53] Rilievo geometrico dei reperti	43
[54] Rilievo fotografico dell'area dello scavo	43
[55] Rilievo della parte di fondale marino di interesse attraverso la quadrettatura	43
[56] Scavo dei reperti con l'uso della sorbona ad aria	43
[57] Recupero dei reperti archeologici con palloni ad aria	43
[58] Interventi di restauro sui reperti	43
[59] Musealizzazione del relitto	43
[60] Ritrovamento di anfore in un sito archeologico	45
[61] Piano di costruzione dello scafo	65
[62] Piano di costruzione generale	65
[63] Operazione di sollevamento del tender	66
[64] Vista prospettica laterale	67
[65] Prospetto di poppa	68
[66] Prospetto di prua	69
[67] Profilo	70
[68] Vista prospettica dall'alto da prua	72
[69] Vista prospettica dall'alto da poppa	73
[70] Vista prospettica laterale da prua	74
[71] Pianta lower deck	76
[72] Sezione longitudinale	77
[73] Sezione di poppa	78
[74] Sezione di prua	79
[75] Pianta main deck	80
[76] Pianta upper deck	81
[77] Vista dal ponte esterno del main deck guardando a prua	82
[78] Vista dal ponte esterno dell'upper deck guardando a prua	84
[79] Vista prospettica da poppa	85
[80] Vista centrale all'altezza dell'upper deck guardando a prua	86
[81] Vista centrale all'altezza del lower deck guardando a prua	88
[82] Vista dal ponte esterno dell'upper deck; operazione di sollevamento tender	90
[83] Pianta bridge deck	92
[84] Vista dall'alto	92
[85] Vista centrale dalla piattaforma guardando verso prua	93
[86] fotoinserimento 1	94
[87] fotoinserimento 2	96
[88] fotoinserimento 3	98

