

PARBUCKLING PROJECT/2

Idee e avvio dei lavori

I dettagli del progetto
e le aziende che hanno
vinto la sfida del Giglio

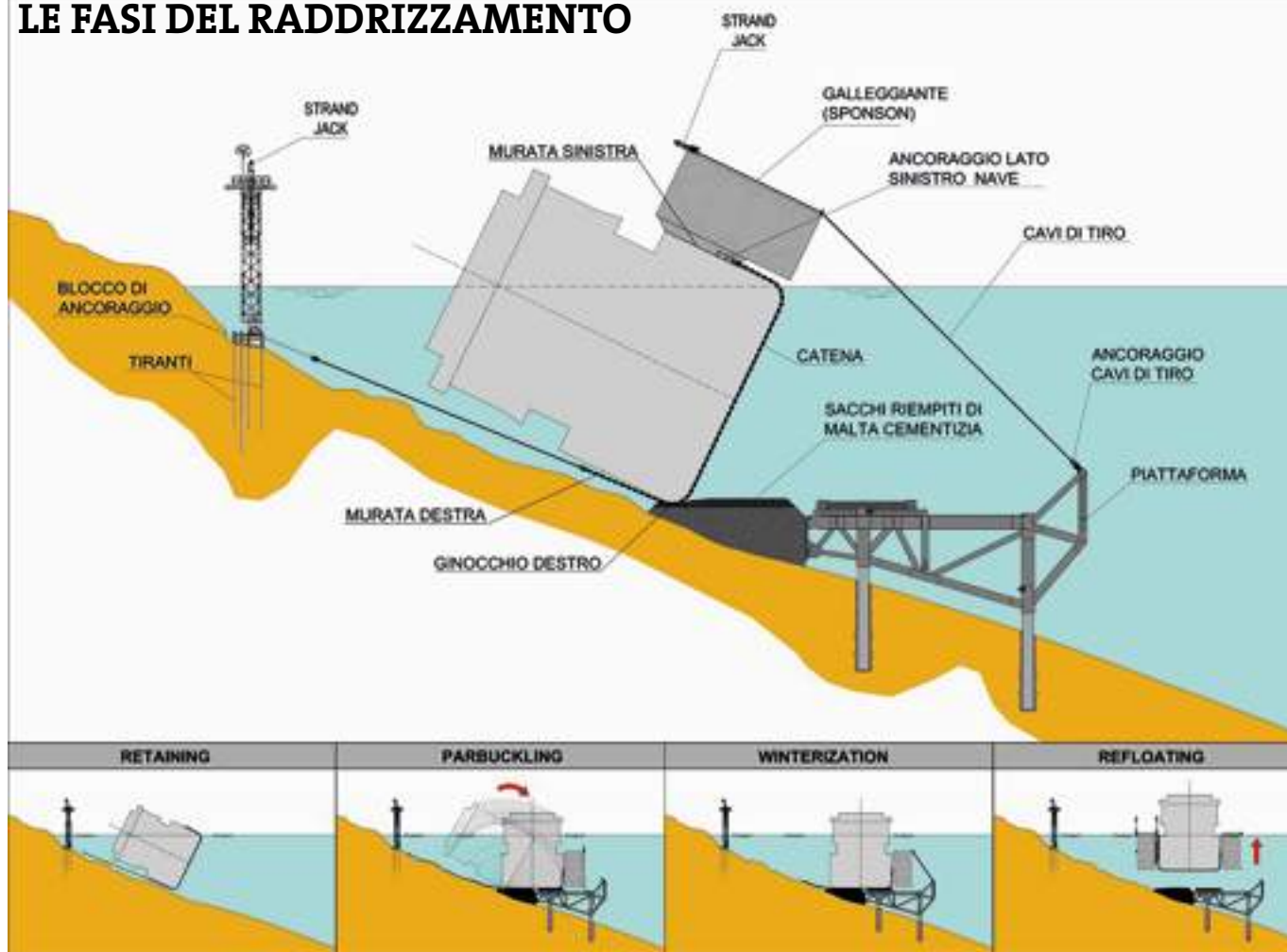




A CURA DELLA REDAZIONE - ANGELO MARLETTA

Dopo la presentazione delle linee generali del progetto Parbuckling, pubblicata nello scorso numero (vedi TTM 5/2014 pag.6), in questo numero andiamo ad analizzare in dettaglio alcuni aspetti del progetto che, nella sua esecuzione operativa, ha assunto i toni di una sfida affrontata sul filo di un serrato confronto tra innovazione tecnologica, modelli predittivi e fattore umano. Ingredienti, questi, che hanno coinvolto, ponendole al centro del progetto e del suo successo finale, diverse aziende nazionali, espressione delle eccellenze targate Made in Italy, che hanno portato avanti le proprie idee in collaborazione con prestigiosi partner internazionali. Ancora una volta è emerso, indiscutibilmente, il perfetto connubio tra la creatività italiana abbinata al pragmatismo tecnologico. Questo segnale ribadisce la vitalità di un Paese che dovrebbe imparare a non piangersi eccessivamente addosso, nonostante la morsa di una crisi che, di globale fino ad oggi ci ha regalato il disagio economico.

LE FASI DEL RADDRIZZAMENTO



Prima di addentrarci nel cuore tecnico del progetto, è opportuno sottolineare il ruolo svolto dal RINA che nella fase preparatoria ha garantito il proprio contributo di conoscenza ed esperienza. «Sostanzialmente - ci spiega l'ingegnere **Dino Cervetto**, Technical function del RINA - il nostro coinvolgimento nel progetto si è sviluppato in tre step:

- La fase iniziale nella quale ci è stato richiesto un parere sulla stabilità nave per definire i primi interventi

- La fase in cui abbiamo anche valutato l'effetto che la rotazione del relitto avrebbe avuto sullo scafo.

Nell'estate-autunno 2013, al fine di valutare gli effetti del *parbuckling* sul comportamento globale e locale dello scafo, il Rina ha inoltre esaminato le seguenti problematiche:

- il comportamento dello scafo in conseguenza dell'appoggio sugli scogli e del *parbuckling*, con il conseguente stato di rotture e deformazioni permanenti;

- le forze trasmesse allo scafo durante il raddrizzamento e i loro effetti sulle strutture dello scafo. Per avere un quadro complessivo dello stato di sollecitazione e deformazione dello scafo prima del *parbuckling*, è stata esaminata anche la resistenza dello stesso durante il suo stazionamento sugli scogli in posizione inclinata, soggetto ai carichi statici e d'onda.

«In base a queste analisi - prosegue Cervetto - sono stati identificati le superfici e i volumi dello scafo che dovevano essere ritenuti mancanti o danneggiati e, come tali, non più partecipanti alla resistenza dello scafo tenuto conto che lo scafo era rimasto adagiato



Dino Cervetto

sul fondale del Giglio per 2 anni» Il modello così danneggiato è stato utilizzato per le verifiche durante il rigalleggiamento e il successivo rimorchio. In questa fase sono stati analizzati anche gli effetti dei carichi trasmessi dagli "strand jacks" durante le operazioni di raddrizzamento che agivano sui cassoni di spinta. «Le strutture dei cassoni, delle strutture di collegamento e dello scafo - conclude Cervetto - sono state naturalmente verificate con esito positivo in base ai criteri del Regolamento del Rina» Infine la fase in cui abbiamo fornito il nostro parere tecnico all'Autorità Marittima relativamente alle operazioni di trasferimento e rimorchio del relitto che prevedeva determinati parametri di galleggiabilità quali altezza

d'onda massima di 2,6 metri, velocità del vento di 20 nodi e velocità di trasporto di 3 nodi

Le origini

«In genere gli americani ragionano schematicamente, basandosi rigidamente sull'esperienza maturata accumulata nel corso degli anni» - l'affermazione è di **Giovanni Ceccarelli**, titolare dell'omonimo Studio specializzato in *Yacht Design & Engineering*. Un modo per far intender come la creatività in questo campo sia da considerare una caratteristica esclusivamente italiana anche se, a onor del vero, gli stessi americani di Titan insieme a Micoperi si aggiudicheranno la gara calibrando la loro offerta su un progetto decisamente innovativo. L'idea di far ruotare la nave con l'ausilio dei cassoni nasce infatti da uno schizzo dello stesso Ceccarelli che, pochi giorni dopo il naufragio, ne parla con il patron di **Micoperi, Silvio Bartolotti**. L'idea piace e nelle settimane



Costa Concordia a operazione "parbuckling" quasi terminata



Una delle piattaforme in arrivo all'Isola del Giglio

successive sarà condivisa con la **Tecon** dell'ingegnere **Tullio Balestra** e l'ingegnere **Mario Scaglioni** della **Spline**, Società che si occuperà di sviluppare lo studio dei cassoni di spinta con sistema impiantistico ad aria compressa, calcoli di stabilità e galleggiamento. Il progetto, affidato al coordinamento dello stesso Ceccarelli, nasce quindi da tre eccellenze italiane e, nella prima fase, si svilupperà grazie all'importante collaborazione garantita da **Fincantieri** (costruttore della Costa Concordia) che metterà a disposizione i propri progettisti e dal **CETENA** per gli studi e calcoli ad elementi finiti eseguiti con il modello nave, modificato in base ai danni subiti dallo scafo

«A operazione conclusa - commenta Ceccarelli - val la pena sottolineare le quattro fasi che hanno caratterizzato l'attività del nostro gruppo; in particolare, l'ingegneria intesa come opera dell'ingegno dell'uomo in grado di dare soluzione al problema, la fase realizzativa in tempi strettissimi per la costruzione delle diverse parti in più cantieri (**Fincantieri**, **Rosetti Marino**, **Cimolai**, **Gas&Heat**, **Nuova Olmec** e **Navalmare** ndr), l'installazione dei cassoni, delle piattaforme e la creazione del fondale artificiale al Giglio con sacchi di cemento»

Il progetto di recupero

«Poche settimane dopo l'incidente, agli inizi di febbraio del 2012 - racconta l'ingegnere **Tullio Balestra** (**socio cofondatore della Tecon**)- Silvio Bartolotti, titolare della Micoperi, mi ha chiesto di dare il mio contributo per individuare la metodologia di recupero che meglio rispondesse alle prescrizioni del bando di gara internazionale, e cioè che il relitto fosse rimosso in un unico pezzo nell'assoluto rispetto dell'ambiente».

Nel gruppo di lavoro collaborano Mario Scaglioni e Giovanni Ceccarelli che, insieme ai tecnici di Titan e Micoperi, avevano già

After the presentation of the general lines of the Parbuckling project, published in our last issue (see TTM 5/2014 p.6), in this issue we analyse in detail some aspects of the project that, in their operational execution, took on the tones of a challenge that was faced on the edge of an intense confrontation between technological innovation, predictive models and the human factor.

These are all ingredients that involved, placing them at the centre of the project and its final success, different Italian firms, expression of the excellences going by the name of made in Italy, that took their own ideas forward in collaboration with prestigious international partners. Once more the perfect match between Italian creativeness and technological pragmatism emerged unquestionably. Before going into more detail on the technical heart of the project, it is opportune to point out the role played by RINA that gave its contribution of knowledge and experience in the preparatory phase. Substantially the involvement of RINA in the project was developed in three stages:

- the initial phase in which an opinion was requested on the stability of the ship in order to define the first interventions;
- finally, the effect that the rotation of the wreckage would have on the hull was evaluated. In the summer-autumn of 2013, with the purpose of appraising the effects of the parbuckling on the global and local behaviour of the hull, RINA also examined the following issues:

- the behaviour of the hull as a consequence of the resting on the rocks and of the parbuckling, with the consequent state of shearing and permanent deformations;
- the forces transmitted to the hull during the righting and their effects on the hull structures.

So as to have a general picture of the state of stress and deformation of the hull before the parbuckling, the resistance of the same was also examined during its resting on the rocks in an inclined position, subjected to the static and wave loads. On the basis of these analyses the surfaces and spaces of the hull that had to be deemed weak or damaged were identified and, as such, no longer participating in the resistance of the hull taking into account that the hull had remained resting on the seabed of the Isle of Giglio for 2 years.

The model with this damage was used for the verifications during the refloating and subsequent towing. In this phase also the effects of the loads were analysed transmitted by the "strand jacks" during the operations of righting that acted on the large sponsons. The sponson structures, connection structures and the hull were also verified with a positive outcome on the basis of the criteria of RINA regulations.

In the end, the final phase in which the Register gave its technical opinion to the Maritime Authority relative to the operations of transfer and towing of the wreck that foresaw specific parameters of buoyancy such as a maximum wave height of 2.6 meters, a wind speed of 20 knots and a transport speed of 3 knots;



Preparativi per il "Parbuckling"; stesura delle catene di ritenuta

accertato che il recupero sarebbe dovuto avvenire in due fasi. Prima si sarebbe dovuto raddrizzare il relitto e solo successivamente si sarebbe potuto farlo rigalleggiare. Al rigalleggiamento lavora Mario Scaglioni, che stava studiando un sistema di cassoni esterni allo scafo nella giusta convizione che non sarebbe stato fattibile utilizzare i compartimenti del relitto per generare la spinta necessaria a far rigalleggiare la nave.

Balestra, in particolare, si occupa di studiare come ruotare il relitto e, soprattutto, come supportarlo a rotazione avvenuta. Per ruotare un relitto di 300 metri di lunghezza con un peso in acqua di circa 45000 tonnellate è necessario disporre sia di una grande capacità di tiro sia di un sistema di ritenuta in grado di garantire la necessaria reazione al tiro stesso. La soluzione progettuale proposta risultata vincente è consistita essenzialmente nell'identificare, per ciascuna delle funzioni necessarie a questa prima fase preparatoria al rigalleggiamento del relitto, le attrezzature e le strutture ausiliarie più idonee. Gli ingegneri della TECON, società costituita nel 1982, prendono spunto dalle esperienze maturate in più di 35 anni di lavoro nel settore off-shore, anche se in questo caso si trattava di problematiche nel loro genere uniche.

Principali componenti del progetto

Lo studio progettuale si articola prevalentemente in quattro direttrici:

Il **Sistema di ritenuta** che deve garantire la stabilità della nave sia nelle fasi preparatorie che durante la rotazione. E' costituito da 22 catene collegate alla nave lungo la murata di sinistra e da 11 ancoraggi sottomarini posizionati lato terra. Le catene sono state fatte passare sotto la chiglia nella zona centrale dove il relitto non è a contatto col fondo.



Isola del Giglio - Nick Sloane saluta prima di imbarcarsi sul relitto della Costa Concordia alla vigilia della partenza per Genova

Il **Fondale artificiale** è realizzato con sacchi riempiti di malta cementizia (*grout bags*) posizionati in modo da garantire un supporto uniforme e continuo al ginocchio destro della nave durante e dopo la rotazione. I sacchi sono stati tutti dotati di fasce e anelli di sollevamento per consentirne la completa rimozione al termine delle operazioni.

Piattaforme sottomarine.

Oltre alla funzione di supportare la nave dopo la rotazione, le piattaforme sono state anche progettate per fornire

l'ancoraggio ai cavi di tiro necessari per far ruotare il relitto. L'essere riusciti ad integrare in un'unica struttura queste due fondamentali funzioni è stato sicuramente un risultato che ha influito favorevolmente nella scelta di questo progetto per il recupero della Concordia. In questo caso le piattaforme sono 6 strutture metalliche interamente prefabbricate a terra, costituite da un piano orizzontale supportato da colonne tubolari del diametro di 1600mm. Le colonne sono inserite in fori da 2 metri di diametro pre-perforati nella roccia. Dopo il posizionamento, l'intercapedine tra colonna e parete del foro e buona parte del volume interno della colonna sono stati riempiti di malta cementizia, in modo da garantire il corretto trasferimento del carico dalla colonna stessa alla roccia. Una ulteriore funzione affidata a queste piattaforme è stata quella di costituire il contenimento necessario a garantire la stabilità della catasta di grout bags posti a sostegno del ginocchio destro. Allo scopo le piattaforme sono state completate con un pannello frontale lato terra opportunamente sagomato in funzione dell'andamento del fondale.

Il **Sistema di rotazione** è costituito da 36 linee di tiro che collegano lo spigolo superiore dei cassoni di sinistra saldati alla murata della nave con uno speciale telaio di cui sono state dotate le piattaforme sottomarine.



Manufatto Gas and Heat sul canale dei Navicelli, caricato sulla chiatta S.Marco III in partenza per il porto di Livorno dove sarà imbarcato per il Giglio



Alcune sezioni dei pali di fondazione nel capannone della Gas and Heat e operazioni d'imbarco sulla nave Heavy Lift Svenja nel porto di Livorno

Le linee sono tensionate da martinetti idraulici a recupero di cavo della **Fagioli** (strand jacks) della capacità di 350 tonnellate ciascuno. La rotazione della nave è stata ottenuta applicando simultaneamente i 36 tiri.

Trivellazioni e geotecnica

Il consorzio Titan-Micoperi, in qualità di contraenti principali, si sono avvalsi della cooperazione geotecnica e di trivellazione del **Gruppo Trevi** (qui diretto da Tiberio Minotti) con **Soilmec** (Vincenzo Jue ha guidato l'uso delle perforatrici idrauliche) per la progettazione, test del fondale granitico inclinato e conseguente non facile perforazione con realizzazione di fondazioni delle torri ed ancoraggi nelle tre fasi preliminari del Progetto, durate dal maggio 2012 al luglio 2013.

Dappima la messa in sicurezza (stabilizzazione) della nave precariamente appoggiata su due speroni della scarpata in pendenza e suscettibile di scivolare più a fondo.

Ciò è stato fatto con un sistema di ancoraggio al fondale (con 4 elementi trapezoidali, anchor block) tra relitto e costa. Per la successiva fase di raddrizzamento sono state poi installate 12 torrette di ritenuta sulla cui sommità i martinetti idraulici (*strandjack*), controllati da computer, mettevano in tensione (sforzo di 6.000 tonn) i cavi collegati alle catene che passando

sotto allo scafo erano state agganciate al suo lato sinistro. È stato realizzato un falso fondale in cemento (da rimuovere) dotato di piattaforme su piloni inseriti nel fondale granitico: su di esse la nave è stata poi appoggiata e sul suo lato sinistro sono stati saldati 15 cassoni. La fase del raddrizzamento in assetto è durata circa 20 ore agendo sui martinetti ed allagando in modo opportuno i cassoni senza deformare lo scafo. Sono stati posizionati altri 15 cassoni sul lato destro, riemerso e reso accessibile: il relitto (appesantito dall'acqua penetrata dalle falle) risultava infine appoggiato in posizione verticale in sicurezza sul falso fondale a -30 metri. Successivamente è stato fatto rigalleggiare sino ad una immersione quasi normale, comunque sufficiente per essere rimorchiato a Genova.

Piattaforme e assemblaggio pali di fondazione

Gas and Heat, azienda leader nella progettazione, costruzione e fornitura di impianti del carico per navi gasiere, ha partecipato al progetto di rimozione del relitto della Costa Concordia attraverso la fornitura di manufatti e servizi che si sono resi necessari durante le diverse fasi della complessa operazione. L'esperienza nell'utilizzo di severe norme di costruzione, la capacità di costruire ed assemblare manufatti di grandi dimensioni, la sua ubicazione, lungo un canale navigabile che collega Pisa e Livorno, hanno consentito alla azienda di rappresentare uno



Cassoni progettati dalla Spline pronti a lasciare il cantiere di Livorno destinati al Giglio dove saranno successivamente installati sulla Costa Concordia

dei principali centri di costruzione per i delicati manufatti necessari al progetto. «In particolare - si legge in una nota - Gas and Heat è stata coinvolta fin da settembre 2012 nella prima fase del progetto dalla società Cimolai, per conto della quale ha provveduto ad assemblare, saldare e completare la costruzione di 3 delle 6 piattaforme, su cui è stata effettuata la rotazione della nave (*parbuckling project*)» Oltre alla costruzione delle piattaforme numerate 4 - 5 e 6 (il cui peso totale ammontava a circa 1.000 tonnellate), sono stati realizzati la costruzione ed il completo assemblaggio di tutti i pali di fondazione sui quali le 6 piattaforme sono state collocate nel declivio roccioso e che hanno rappresentato l'ancoraggio ed il sostegno delle piattaforme tutte, oltre 4.000 tonnellate di peso complessivo, sulle quali ha ruotato la nave. I pali di fondazione sono stati realizzati calandrando e saldando insieme lamiere in S355 J0, spessore 65 mm. e dopo opportuni controlli, effettuati secondo gli standard più severi normalmente adottati nelle costruzioni offshore (**EEMUA**), assemblati fino a costituire i 23 pali di fondazione, con lunghezze variabili da 20 a 36 metri, per oltre 1.500 tonnellate di peso complessivo. Tutti i manufatti sono stati caricati in più operazioni sulla chiatta S.Marco III, trainata lungo il Canale dei Navicelli per raggiungere l'area noleggiata dal Consorzio Titan Micoperi, all'interno del porto di Livorno, dove sono stati effettuati i trasbordi su navi heavy lift, opportunamente noleggiate, come la Svenja, della tedesca SAL, ovvero caricati su chiatte più grandi per essere poi trasferiti al Giglio. Nella seconda fase, dal marzo 2013, la G&H ha costruito direttamente per il Consorzio Titan Micoperi tutti i componenti ed ha allestito i cassoni, sia di dritta che di sx., transitati dal porto di Livorno, grazie ai quali poi il relitto ha effettuato il successivo rigalleggiamento. Nella prima fase fino al parbuckling, Gas and Heat ha contribuito costruendo ed installando tutti i vari componenti necessari al posizionamento degli strand jack e dei devices necessari, nella seconda fase installando tutti i componenti necessari dei cassoni di sinistra, incluso le attività di installazione del sistema WBS, ovvero il sistema elettro pneumatico per consentire lo zavorramento dei cassoni e successivo svuotamento degli stessi. Complessivamente oltre 3.000 tonnellate di manufatti sono stati costruiti dalla G&H nel proprio stabilimento, la maggior parte direttamente inviati all'assemblaggio direttamente sulla nave, all'isola del Giglio, gli altri sui cassoni transitati dal porto di Livorno, nel cantiere appositamente allestito dove le operazioni si sono succedute da marzo 2012 a luglio 2013

Il ruolo di FoundOcean

Come si è già detto, per effettuare il raddrizzamento della Costa Concordia è stato realizzato un fondo artificiale costituito dalle piattaforme in acciaio e dai sacchi (*grout bags*) riempiti di malta cementizia posizionati sul fondo marino in modo tale da colmare sia lo spazio esistente nell'avvallamento ubicato tra i due picchi di roccia sui quale appoggiava il relitto, sia gli spazi che rimanevano tra le piattaforme ed il pendio roccioso. Su detto fondo artificiale la nave ha ruotato con il ginocchio destro (vedi figura

a pagine 10) durante la fase di parbuckling e vi è rimasta adagiata durante le operazioni di preparazione al rigalleggiamento. Il lavoro eseguito dalla **FoundOcean**, che è stata ingaggiata da **TITAN MICOPERI** per la esperienza da essa acquisita in passato in questo specifico settore, è consistito nel posizionamento dei 1500 grout bags, realizzati in 8 differenti formati in modo da adattarli alle diverse esigenze dovute alla particolarità del fondale e della posizione che dovevano occupare. I più grandi, di forma rettangolare e divisi in tre compartimenti, erano lunghi sette metri, larghi tre metri ed alti due metri. Contenevano un volume di malta di 42 m3 e pesavano circa 55 tonnellate. Altri più piccoli, di forma cuneiforme, erano lunghi 3,5 metri, con un volume di 8,1 m3 e peso di 10 tonnellate. I grout bags venivano depositati ancora vuoti sul fondale con l'ausilio dei ROV (Remotely Operated Vehicles), fissati in posizione con cavi e catene e poi riempiti in situ. Una volta che tutti i sacchi erano stati posizionati e riempiti, sono stati ricoperti con uno strato di materassi, che venivano anch'essi riempiti di cemento, in modo tale da fornire una maggiore superficie piana sulla quale fare ruotare la nave e far sì che il peso dello scafo fosse distribuito uniformemente, evitando punti di pressione e causare quindi danni allo scafo medesimo. Si è trattato di un'impresa su larga scala che ha richiesto l'impiego di circa 20.000 tonnellate di cemento.

Flotta ambientale "Castalia"

Il Consorzio Stabile S.C.p.A. Castalia, società consortile che raggruppa 33 armatori specializzati nelle attività marittime, nell'antiquamento marino e nel pronto intervento, per conto del Ministero dell'Ambiente ha effettuato un primo intervento di bonifica all'Isola del Giglio fornendo la propria assistenza con migliaia di metri di panne galleggianti e presidi antinquinamento, intervenendo anche per lo smaltimento dei prodotti inquinanti. Inoltre, nella fase di avviamento delle operazioni di parbuckling, Castalia ha messo a disposizione una decina di mezzi navali mentre, durante il trasferimento del relitto a Genova ha messo a disposizione due mezzi di scorta al convoglio (Supply vessel + battello antinquinamento).

Catene e sollevamento

Il gruppo Alioto, che nel 2014 ha celebrato il 40° anniversario, ha partecipato al progetto di parbuckling della Costa Concordia fornendo al consorzio Titan-Micoperi i propri prodotti per le operazioni di sollevamento e traino della Costa Concordia. «In particolare» - conferma la responsabile commerciale Chiara Alioto - abbiamo fornito anelli in fune customizzati (Grommets ndr), catene navali, funi d'acciaio e d'ormeggio e materiali di sollevamento di nostra produzione». L'azienda di Castelnuovo Magra (La Spezia) ha anche garantito la consegna al committente di svariati manufatti esclusi dalla tradizionale lavorazione dell'azienda come i parabordi. L'azienda, sorta nel 1974, da un decennio è presente anche nel settore offshore che attualmente rappresenta circa il 35% del fatturato complessivo del Gruppo. #

(Fine seconda puntata)