

Mds Engineering, con la collaborazione di Igor Vassallo, Sika Italia S.p.A.

# Superstructure design: collaboration between Azimut I Benetti and MDS-Engineering/SIKA

The production of large vessels in epoxy resin and carbon fibre.

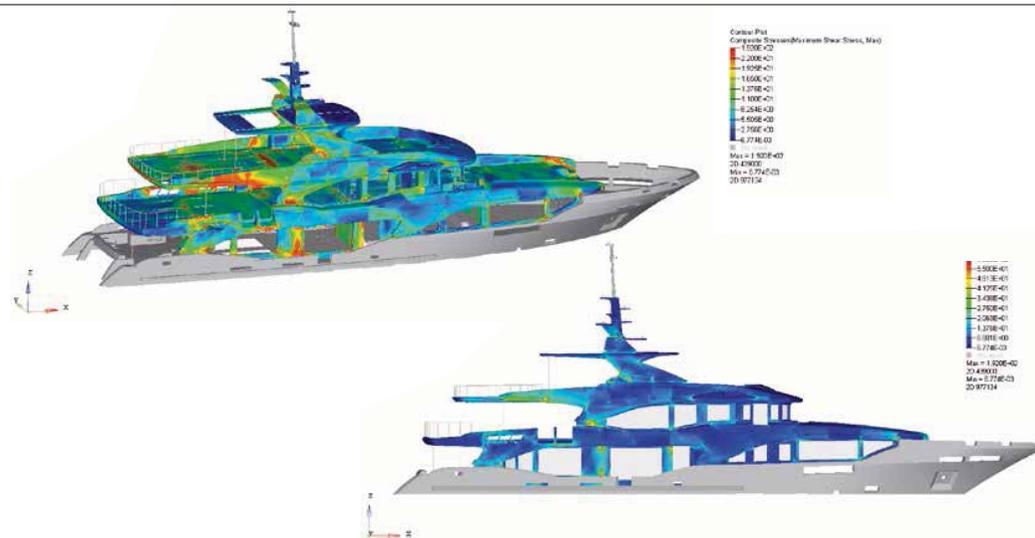
Building big ships of more than 35 m in composites is by now a challenge for the most innovative design, but at the same time also for the attainment of maximum comfort, both in terms of liveability and the perception of safety and solidity in all sailing conditions. The maximum expression of this new trend is to be found in the design of superstructures, which are increasingly involved in complex. By now 12% of the surface is made up of windows, a value that rises to 80% for the sides, and extensive protrusions may make the design captivating but create remarkable difficulties in structural terms.

The height of these constructions imposes strict weight restrictions to guarantee stability and comfort when underway. The stability of the composite overtime is also fundamental, above all considering surfaces of dark and/or metallised colours, to cut maintenance

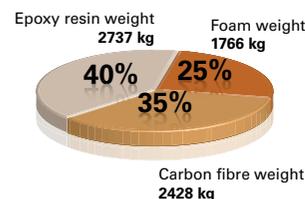
costs and after sale guarantees. The synthesis of this new design philosophy is the base of the new Benetti models, specifically the BM116', built with the contribution of MDS-Engineering in the structural design. The team worked in close contact with the Azimut/Benetti design department and use the experience and resources of Sika in the definition and use of epoxy systems. From this stem the design requirements of the yard to combine a search for effective comfort, that perceived by passengers, and structural solidity. In addition, the invasiveness of structural elements must be minimised so as not to take away space from interior fittings and must be integrated as far as possible in the overall design of the ship, its systems and furnishings.

These requirements, in terms of comfort, liveability and performance, translate for the structural design into a well-defined frequency response, minimum bulk of the structural elements and an average weight of the structures (including sides, reinforcements and bulkheads) of about 10 kg/m<sup>2</sup>. All this demands greater care in the design phase to avoid dramatically increased production costs. So it is fundamental to exploit to the maximum the potential of composites, both in the choice of materials and the orientation

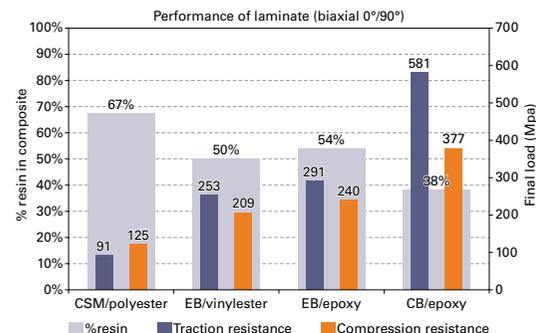
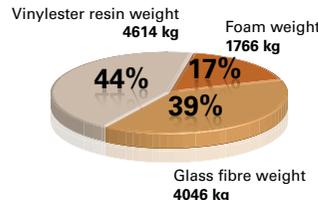
Contour Plot  
Displacement(Mg)  
Analysis system



Overall composition epoxy/carbon ship



Overall composition vinylester/glass ship



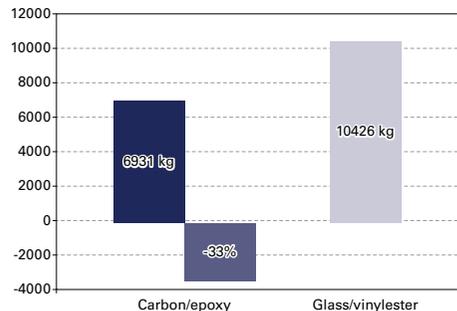
The use of epoxy resin with the same 0°/90° glass fibre biaxial reinforcement, increases the performance of the composite by 50% compared with the use of vinylester resins. The percentage exceeds 45% using carbon fibre reinforcement.

L'utilizzo della resina epossidica a parità di rinforzo, biassiale 0°/90° in vetro, porta ad un incremento del 15% delle prestazioni del composito, rispetto all'impiego di resine vinilistere. La percentuale sale oltre il 45% utilizzando rinforzi in carbonio.

## MDS-Engineering

MDS-Engineering, a design studio founded by Matteo Del Sorbo and Filippo Mattioni. Since 2006 it has been designing structures in composite material applied to the yachting, industrial, renewable energy and aeronautical sectors, with particular attention to new technologies and to the industrialisation of production processes. The integration of systems and performance forecasting. MDS-Engineering has been collaborating with Sika on the composites project since 2008. We are present in Italy, the UK and China.

[www.mds-engineering.com](http://www.mds-engineering.com) - [info@mds-engineering.com](mailto:info@mds-engineering.com)

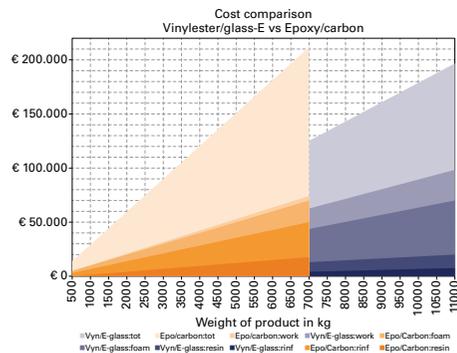


of the reinforcing fibres. So far the best results for large vessels with contained running costs are obtained with composites using epoxy resin and carbon fibre for reinforcement. The epoxy matrix guarantees excellent adhesion and transfer of stress to the reinforcement, while accounting for less than 40% of the weight of the laminate, using both infusion techniques and vacuum consolidation. In addition it ensures the absence of shrinkage, reduced water absorption and good stability once the full curing cycle is finished.

For these reasons it is necessary to take into account as many factors as possible (structural design, manufacturing process, production cost, outer shell and after sale maintenance) right from the first phases of project development. With 3-D modelling software combined with FEM numerical analysis it is possible to obtain a very realistic model of the structure on which innumerable construction ideas can be tested in a very short time. Every configuration is subjected to different loads to highlight its strong and weak points. Once feasibility is guaranteed and the best ideas identified, the next phases are systems integration and finally construction. From a conceptual point of view, this "integrated" approach to design is the same that has long been adopted in the aeronautical industry and has made it possible to reduce design time and hence the "time-to-market" by 40%. Thanks to the collaboration with epoxy resin producer Sika, in the design phases it was possible to produce samples of laminate to verify and update the values used calculation. Laboratory experience also produced data on the behaviour of the composite under extreme loads and on breaking behaviour. In this way it was possible to work on the basis of experimental data with considerably reduced margins of error. To optimise the composite as far as possible it is thus necessary to create a very precise model for calculation and carefully investigate the response of the structure to project loads, which must also be modelled as accurately as possible. These data then lead to the definition of lamination with particular attention to the orientation of the fibres, so as to position the material, and hence rigidity, only where it is necessary, avoiding waste and limiting weight.

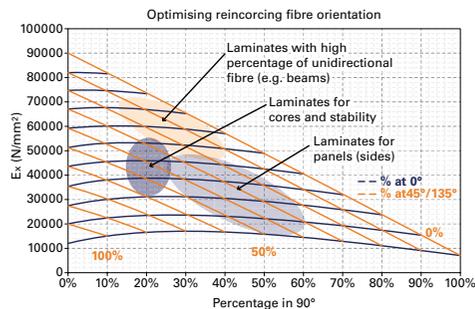
The structural design can thus be summarised in these phases:

- Choice of materials and definition of mechanical properties on the basis of the production process chosen.
- Preliminary analysis of the overall structures to understand weight



Comparison between two construction methods, vinylester/glass-E and epoxy/carbon. Construction process a substantial reduction in weight is achieved without noticeable increase in cost. If we also take into account the estimated cost of after-sale guarantees, the new approach leads to a reduction in overall production/running costs.

Confronto tra i due tipi di costruzione, vinilester/vetro-E e Epossidica/carbonio. Ottimizzando la progettazione e l'intero processo costruttivo la sostanziale riduzione del peso si ottiene senza incrementi sensibili del costo del manufatto.

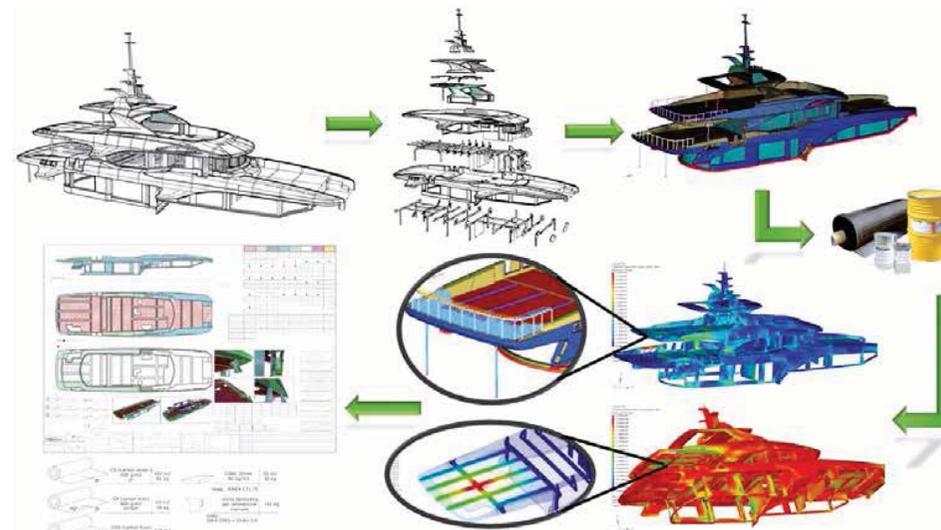


The choice of orientation is part of the design process. Using the same quantity of material with different orientation substantially changes the mechanical behaviour of the laminate.

La scelta dell'orientazione fa parte del processo di progettazione. Utilizzando la stessa quantità di materiale ma con orientazione differenti cambia sostanzialmente il comportamento meccanico del laminato.

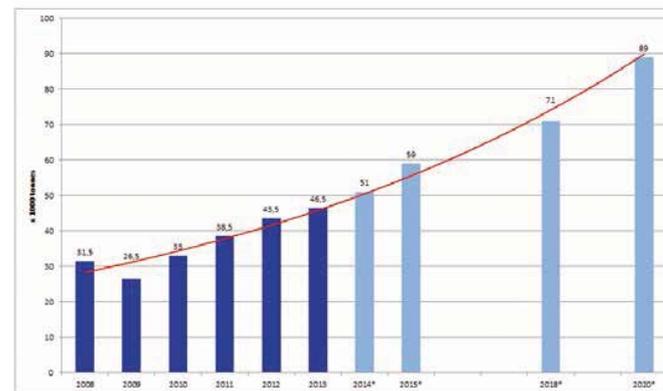
distribution.

- Positioning of structural elements seeking to minimise interior bulk as much as possible.
- Creation of laminates optimising orientation for the various load situations.
- Creation of the 3-D geometrical model of the structures.
- FEM verification of deflection and stress according to the requirements of the certifying body and the yard.
- Control of interference between structures and systems.



Design phases: from the model to the working drawings.

Schema fasi di progettazione: dal modello ai disegni esecutivi.



Global demand for carbon fibre in thousands of tonnes from 2008 to 2020 (\*estimated).

Domanda globale di fibra di carbonio in 1000 tonnellate dal 2008 al 2020, (\* stimata).

• Production of construction drawings and details, lamination tables and procedural notes.

The result is a highly targeted product, optimised for fitting out, resistant and light. In addition, with a complete and detailed project it is possible to plan production, timing and costs, and maintain tight control over the entire process. The model also makes it possible to have an overall forecast not only of performance, but also of the quantity of material to use, the mass, weight and centre of gravity and inertial characteristics.

The yachting market has an endemic inertia compared with other industrial sectors in accepting and metabolising many technological proposals that bring about a change in the modus operandi

of design and production, or those that are certainties acquired through experience and are now held to be safe and reliable. The use of epoxy resin as a matrix for impregnating reinforcing fibres is included in this evaluation. Obviously we can't speak of "innovation", the automotive, aeronautical, medical, eolic and aerospace sectors have for many years been using this system of resins almost as the sole solution.

The European market for carbon fibre (and as a result of epoxy systems) is continually growing, the estimate for 2020 is a demand for 89 x 10<sup>3</sup> tonnes of fibre (source: Composite Market Report 2014) It's obvious that in this scenario, the technologies that have already been assimilated by other industrial sectors must be a

Year	National production for national market (a)	National production for export (b)	National production (a+b)
2007	1.457.690.000	1.865.150.000	3.322.840.000
2008	1.508.250.000	1.855.740.000	3.363.990.000
2009	1.055.070.000	1.476.020.000	2.531.090.000
2010	616.730.000	1.263.420.000	1.880.150.000
2011	413.780.000	1.546.900.000	1.960.680.000
2012	176.490.000	1.088.170.000	1.264.660.000
2013	90.200.000	1.196.970.000	1.287.170.000
% change %13-12	-48,89%	10,00%	1,78%

source of inspiration and contamination for yacht builders: it is the only way to grow in the market offering a product that is in line with overall technological progress. Technological updating of composite production (controlled working environments, proper areas for material stocking and infrastructures for curing and post-curing) and the use of epoxy systems are an inevitable change: it will certainly demand time and commitment from managers and yard technicians, but it is the current standard of industrial production and so the inevitable future of leading yards. Ucina data show stable production in recent years, with turnover that has not suffered further drops (source: il Mercato in Cifre 2013). The projection for 2014, with as yet unconfirmed data, confirms what seems to be an identifiable trend. Macro economic laws, which are always cyclical, seem to indicate a trend towards an increase in production that will mean numbers for the sector that may not be comparable to the pre-2008 situation, but will certainly lead to greater competition between companies which will be based on innovation and quality, elements that will distinguish companies that exploit to their own advantage the years of crisis by investing in progress. In this panorama of construction revolution, the only way rarely to innovate is an approach similar to that illustrated in the case study. In fact the sharing of knowledge of the matrix by a producer (Sika) and the support of a company that has operated for many years in the design and production of composites (for yachting, the eolic and aerospace sectors) such as MDS-Engineering is the proper support for a yard so that the production process can be managed from the design to construction phases. On the strength of this conviction, MDS-Engineering and Sika have been collaborating for several years in developing the "composites project", the cultural growth that today makes it possible to provide complete consultancy to the yard. The considered interest and transparent cooperation of the Azimut/Benetti group has made it possible to implement the superstructures project, confirming that it is possible to improve the product considerably in terms of comfort, performance and the entire vessel from a global viewpoint, maintaining the costs of the entire process within current budgets.

© ALL RIGHTS RESERVED

## Progettazione Sovrastruttura: la collaborazione Azimut I Benetti, MDS Engineering/SIKA

LA PRODUZIONE DI GRANDI MANUFATTI  
IN RESINA EPOSSIDICA E FIBRA DI CARBONIO

Costruire grandi navi in composito, >35mt, è diventato ormai una sfida per il design più innovativo, ma allo stesso tempo anche per la ricerca del comfort massimo, sia in termini di abitabilità che di percezione della sicurezza e della solidità in tutte le condizioni di navigazione. L'espressione massima di questa nuova tendenza si riscontra nel design delle sovrastrutture, sempre più articolate e complesse. La superficie è ormai costituita per il 12% da finestrature, valore che sale all'80% se riferito alla superficie dei fianchi, e sono presenti grandi parti a sbalzo che sebbene rendano il design accattivante generano una notevole difficoltà dal punto di vista strutturale. Lo sviluppo in altezza di queste costruzioni impone severi vincoli di peso per garantire la stabilità e il comfort in navigazione. Fondamentale risulta anche la stabilità del composito nel tempo, soprattutto se pensiamo a superfici di colore scuro e/o metallizzato, al fine di ridurre tutti i costi di manutenzione e garanzie in post-vendita. La sintesi di questa nuova filosofia progettuale è alla base dei nuovi modelli della Benetti, nello specifico il BM116', realizzato con il contributo di MDS-Engineering per la progettazione strutturale. Il team ha lavorato a stretto contatto con il reparto di progettazione di Azimut/Benetti e usufruito dell'esperienza e delle risorse di Sika nella caratterizzazione e nell'utilizzo dei sistemi epossidici. Da qui nascono i requisiti di progetto del cantiere per coniugare la ricerca del comfort effettivo, cioè quello percepito dai passeggeri, e la solidità strutturale. Inoltre gli elementi strutturali dovranno essere quanto meno invasivi per non sottrarre spazio all'allestimento interno e quanto più possibile integrati nel progetto globale della nave, dei sistemi e degli arredi. Tali requisiti quantificabili in termini di comfort, abitabilità e prestazioni, si traducono per il progetto strutturale in una risposta in frequenza ben definita, un ingombro minimo degli elementi strutturali e un peso medio delle strutture (complete di fasciame, rinforzi e paratie) di circa 10 kg/m<sup>2</sup>. Tutto questo richiede una maggiore attenzione nella fase progettuale al fine di evitare che i costi di produzione aumentino in maniera vertiginosa. È quindi fondamentale sfruttare al massimo le potenzialità del composito, sia dal punto di vista della scelta dei materiali che dell'orientazione delle fibre di rinforzo. Ad oggi i migliori risultati per imbarcazioni di grande dimensioni e con costi di gestione contenuti si ottengono con compositi a base di resina epossidica e rinforzo in fibra di carbonio. La matrice epossidica garantisce un'

ottima adesione e trasferimento delle sollecitazioni al rinforzo, pur mantenendo percentuali inferiori al 40% in peso nel laminato, sia con la tecnica dell'infusione che con la compattazione sotto vuoto. In aggiunta garantisce assenza di ritiri volumetrici, ridotto assorbimento di acqua ed elevata stabilità del manufatto una volta eseguito il ciclo di cura completo. Per queste ragioni è necessario tener conto di quanti più fattori possibili (design strutturale, processo costruzione, costo di produzione, carrozzeria di finitura, e manutenzione post-vendita) fin dalle prime fasi dello sviluppo del progetto. Con software di modellazione 3D accoppiati ad analisi numeriche FEM è possibile ottenere un modello della struttura molto realistico, con cui testare innumerevoli proposte costruttive in tempi estremamente ridotti. Ogni configurazione viene quindi sottoposta a diversi casi di carico evidenziandone punti di forza e debolezze. Una volta garantita la fattibilità e identificate le proposte migliori, si può procedere con le fasi successive di integrazione dei sistemi e in fine con la costruzione. Da un punto di vista concettuale, questo approccio alla progettazione "integrato" è lo stesso da tempo adottato nell'industria aeronautica e che ha permesso di ridurre i tempi di progettazione e quindi il "time-to-market" del 40%. Grazie alla collaborazione con Sika, produttore di resine epossidiche, nelle fasi di progettazione è stato possibile realizzare campioni di laminato per verificare e aggiornare i valori utilizzati per il calcolo. L'esperienza in laboratorio ha fornito anche dati sul comportamento del composito sotto carichi estremi e nel comportamento a rottura. In questo modo si è lavorato sulla base di dati sperimentali e con margini di errore molto ridotti. Per ottimizzare al massimo il composito è quindi necessario realizzare un modello di calcolo molto preciso e indagare puntualmente la risposta della struttura ai carichi di progetto, anch'essi modellati nel modo più accurato possibile. Da questi dati si procede poi alla definizione delle laminazioni ponendo particolare attenzione all'orientazione dei tessuti, in modo da posizionare materiale, e quindi la rigidità solo dove è necessario, evitando sprechi e contenendo pesi. Il progetto strutturale può essere quindi sintetizzato nelle seguenti fasi:

- Scelta dei materiali e determinazione delle proprietà meccaniche in base al processo produttivo scelto.
- Analisi preliminare delle strutture globali per capire la distribuzione dei carichi.
- Posizionamento degli elementi strutturali cercando di minimizzare gli ingombri interni quanto più possibile.
- Creazione dei laminati ottimizzando l'orientazione per i vari casi di carico.

- Creazione del modello geometrico 3D delle strutture.
- Verifica FEM delle deflessioni e degli stress secondo i requisiti imposti dall'ente di certificazione e dal cantiere.
- Controllo interferenze tra strutture e sistemi di bordo.
- Produzione dei disegni e dettagli costruttivi, tabelle di laminazione, note procedurali.

Il risultato è un manufatto estremamente mirato, ottimizzato per l'allestimento, resistente e leggero. Inoltre avendo realizzato un progetto completo e dettagliato è possibile pianificare la produzione, tempi e costi, ed esercitare un controllo elevato sull'intero processo. Il modello permette inoltre di avere una previsione globale non solo delle prestazioni, ma anche delle quantità dei materiali utilizzati, delle caratteristiche di massa, peso e baricentro, nonché delle caratteristiche inerziali. Il mercato Nautico presenta una inerzia endemica, rispetto ad altri settori industriali, nel recepire e metabolizzare buona parte delle proposte tecnologiche che in qualche modo danno luogo a un cambiamento al modo operando, sia progettuale che produttivo, o a quelle che sono certezze acquisite con l'esperienza e ormai repute sicure e affidabili. Non sfugge a questa valutazione l'utilizzo della resina epossidica come matrice per impregnazione delle fibre di rinforzo.

Non si può, evidentemente, parlare di "novità", i settori automobilistico, aeronautico, medicale, eolic, aerospaziale hanno da svariati anni adottato, quasi come unica soluzione, l'utilizzo di questo sistema di resine. Il mercato Europeo delle Fibre in Carbonio (e conseguentemente dei sistemi epossidici) è in continua crescita, nel 2020 si stima una richiesta di 89 x 10<sup>3</sup> tonnellate di fibra (Fonte: Composite Market Report 2014). È evidente che in questo panorama, le tecnologie già assimilate da altri settori industriali, devono essere fonte di ispirazione e contaminazioni per la Cantieristica Nautica: è l'unico modo per poter crescere sul mercato proponendo un prodotto che sia al pari con il progresso tecnologico globale. L'adeguamento tecnologico nella produzione del composito (ambienti di lavoro controllati, idonee aree di stoccaggio materiali e infrastrutture per la cura e la post-cura dei manufatti) e l'utilizzo di sistemi epossidici sono un inevitabile cambiamento: richiederà sicuramente tempo e impegno da parte dei manager e dei tecnici di cantiere, ma è lo standard attuale di produzione industriale e quindi il futuro inevitabile della cantieristica di eccellenza. I dati Ucina evidenziano una stabilità produttiva degli ultimi anni, conforto di un fatturato che non ha subito ulteriori decrementi (Fonte: il Mer-

cato in Cifre 2013) «La proiezione, con dati non ancora confermati, del 2014 conferma quella che sembra essere una linea di tendenza tracciabile. Leggi macro economiche, da sempre cicliche, sembrano indicare un orientamento destinato a un incremento produttivo che condurrà il Settore a numeri che non saranno paragonabili alla situazione pre 2008, ma porteranno sicuramente a una maggiore competitività tra aziende, che, per allora, si baserà su innovazione e qualità, elementi che saranno distintivi per le realtà che avranno sfruttato a loro vantaggio gli anni della crisi investendo nel progresso. In questo panorama di rivoluzione costruttiva, l'unica possibilità per innovare veramente è un approccio simile a quello evidenziato nel caso di studio proposto. Infatti la condivisione di conoscenza della matrice da parte di un produttore (Sika) e il supporto di una realtà che opera da svariati anni nella progettazione e nella produzione del composito (Nautica, Eolico, Aerospace) come MDS-Engineering, è il giusto supporto offerto al cantiere, in modo da gestire il processo di produzione dalle fasi di progetto a quelle di realizzazione. Forti di questa convinzione, MDS-Engineering e Sika collaborano da diversi anni allo sviluppo del "progetto compositi", la crescita culturale, che permette oggi di poter fornire una consulenza completa al Cantiere. L'interesse ponderato e la cooperazione trasparente del gruppo Azimut/Benetti ha permesso di realizzare il progetto delle sovrastrutture confermando come sia possibile migliorare notevolmente il prodotto, in termini di confort, di prestazioni del manufatto in particolare e dell'intera nave dal punto di vista globale, mantenendo i costi dell'intero processo entro gli attuali budget di spesa.

## MDS-Engineering

MDS-engineering, studio di progettazione fondato da Matteo Del Sorbo e Filippo Mattioni. Dal 2006 si occupa di progettazione di strutture in materiale composito applicate ai settori nautico, industriale, energie rinnovabili e aeronautico, con particolare attenzione alle nuove tecnologie e all'industrializzazione dei processi produttivi. Nel campo nautico, MDS-engineering è in grado di fornire assistenza dalla progettazione degli stampi, all'integrazione dei sistemi fino alla previsione delle prestazioni.

Dal 2008 MDS-Engineering collabora con Sika nel progetto compositi Siamo presenti in Italia, UK e Cina [www.mds-engineering.com](http://www.mds-engineering.com) [info@mds-engineering.com](mailto:info@mds-engineering.com)