

# Mobilità sostenibile in acqua

## Elektrificazione, Design for Disassembly, End of Life Boats

L'industria manifatturiera sta attraversando una profonda modificazione delle sue attività, che trovano riscontro nella produzione dei beni ad essa riferibili e nella conseguente struttura aziendale e di filiera. Esemplificativa di questo cambiamento epocale è l'automotive, settore che vede la sempre più marcata elettrificazione dei suoi prodotti, caratterizzati parallelamente da una modificazione percentuale dei materiali costituenti gli autoveicoli (fig.1). Le normative sempre più stringenti in termini di emissioni e di gestione della fase di fine vita dei veicoli ha determinato una conseguente rimodulazione dei prodotti offerti sul mercato, sinteticamente caratterizzati nella loro realizzazione da:

- elettrificazione;
- progettazione in ottica riuso/riciclo dei componenti/materiali degli autoveicoli a fine vita;
- design for disassembly.

Le problematiche connesse alla gestione dei veicoli a fine vita sono ulteriormente aumentate con l'introduzione sul mercato di veicoli elettrificati, per la presenza di componenti – quali le batterie – che devono essere riciclati, laddove non possono più essere utilizzati.

Per dare un'idea delle dimensioni del problema, gli autoveicoli a fine vita in Europa sono circa 12 milioni l'anno, di cui 1.5 nella sola Italia. È pertanto plausibile considerare l'autoveicolo una potenziale fonte di reddito, ovvero "mine on wheels"; in particolare per il riutilizzo delle parti di ricambio e il riciclaggio dei materiali (fig.2). L'automotive ha in tal modo generato una cosiddetta "circular economy" (fig.3).

Come conseguenza di questi fattori e delle direttive comunitarie, le case automobilistiche sono sollecitate ad implementare il DfD, Design for Disassembly, e il Green-design, con l'obiettivo di:

- facilitare il riuso/riciclo
- ridurre le sostanze inquinanti degli ELV per minimizzare i costi di smaltimento.

### DALL' AUTOMOTIVE ALLA NAUTICA: CATAMARANO MULTIFUNZIONE E GOGO

Le problematiche tipiche dell'automotive sinteticamente descritte, possono essere mutate alla nautica da diporto, in quanto industria manifatturiera, seppur

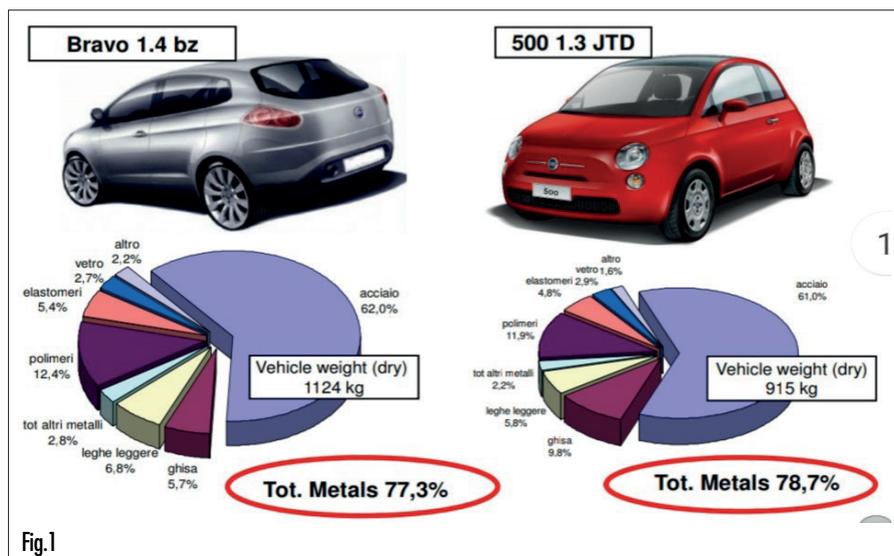


Fig.1

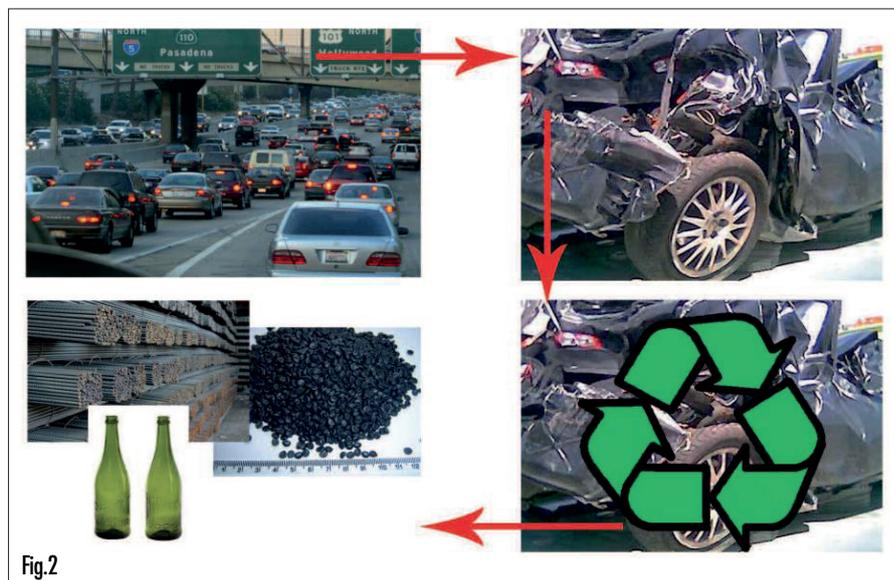


Fig.2

in scala differente. Due casi di prodotti della nautica da diporto nati in ottica Greendesign sono: GOGO e il catamarano multifunzione.

### GOGO

È un'imbarcazione elettrificata frutto di un progetto di Davide Tagliapietra, ingegnere aerospaziale componente del team America's Cup Luna Rossa Prada Pirelli. È un trimarano di 3.85 metri di lunghezza e 2 metri di larghezza. Può trasportare da

quattro a sei passeggeri, a seconda delle varianti, ed ha la possibilità di ricaricare le batterie tramite pannelli fotovoltaici che svolgono anche la funzione di protezione dall'irraggiamento solare dei passeggeri stessi. GOGO è particolarmente indicata per l'utilizzo nelle acque interne e nelle aree marine protette, garantendo la tutela dell'ambiente nel quale viene impiegata. Costruita in materiale termoplastico – polietilene multistrato - interamente riciclabile, la Solar Roof Version di GOGO

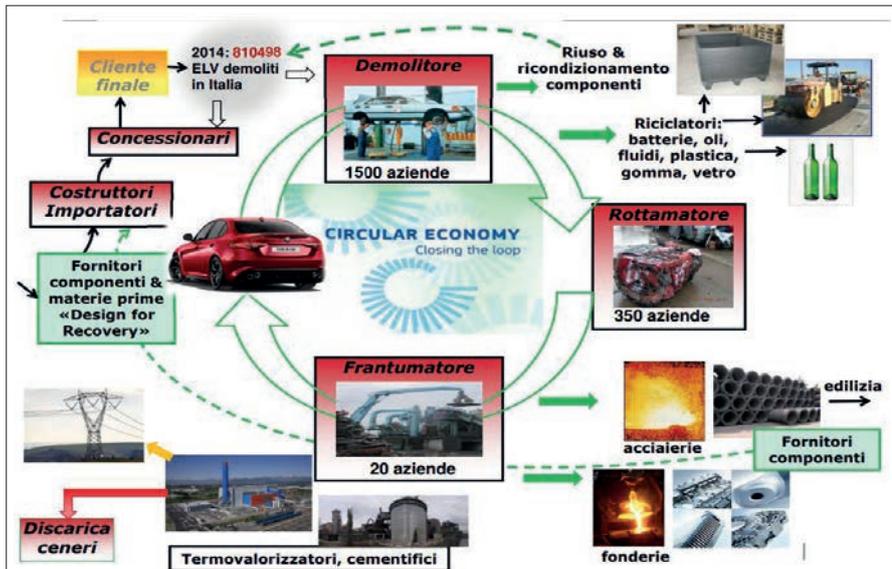


Fig.3: End of Life Vehicles

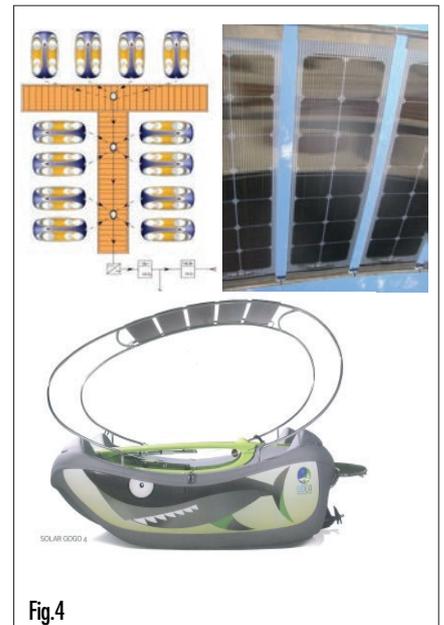


Fig.4

consente di svolgere molteplici funzioni:

- incremento autonomia imbarcazione;
- ricarica batteria e funzione schermo passeggeri;
- creazione di un possibile hub sede di interscambio energetico fra differenti GOGO, come da figura 4.

GOGO consente dunque l'accesso alle aree marine protette e la massima tutela ambientale, ovvero:

- assenza di inquinamento ambientale;
  - nessuna vibrazione connessa al moto alternativo di organi meccanici;
  - nessun utilizzo di combustibile e conseguenti emissioni in atmosfera e in acqua.
- La struttura in polietilene multistrato riciclato assicura robustezza allo scafo, che non necessita di manutenzione. Inoltre, lo scafo è facilmente personalizzabile (fig.5). In sintesi, GOGO è un'imbarcazione estremamente innovativa, ecofriendly, personalizzabile, realizzata con materiale termoplastico interamente riciclabile, a beneficio sia dei costi di produzione sia

del suo smaltimento a fine vita. Lo scafo della GOGO viene prodotto mediante stampaggio rotazionale, metodo di produzione ad alta temperatura per manufatti di spessore fra i 2 ed i 15 mm, che non richiedono successive fasi di saldatura e montaggio. Le attrezzature di produzione che utilizzano questa tecnologia, consentono di installare simultaneamente stampi di forme e dimensioni differenti, quindi notevole flessibilità. Modificando la velocità di rotazione attorno ai due assi perpendicolari fra loro, è possibile variare lo spessore delle pareti; il rapporto fra le velocità di rotazione attorno ai due assi potrà essere dunque variato a seconda della geometria da realizzare; il rapporto è dato dalla velocità dell'asse maggiore (braccio) per la velocità dell'asse minore (portastampo). Solitamente, per ottenere pareti di spessore uniforme, questo rapporto è pari a 4:1; tipicamente, vengono testati differenti rapporti, fino a trovare il valore considerato idoneo. Parallelamente, possono effettuarsi simulazioni computeriz-

zate, così da determinare il rapporto corretto tra le velocità di rotazione.

Lo stampaggio rotazionale avviene a pressione atmosferica e utilizza polimeri in polvere fine. Prerequisito fondamentale è che il materiale plastico sia in grado di resistere a temperature elevate per tempi relativamente lunghi. Dal momento che, durante la formatura del polimero non viene applicata alcuna pressione, gli stampi hanno generalmente pareti sottili e dunque la loro realizzazione risulta relativamente economica, al contrario dello stampaggio ad iniezione, che richiede costose leghe metalliche. Uno stampo ed un processo di stampaggio adeguati consentono di eliminare linee di giunzione e saldature e di modificare gli spessori senza apportare modifiche agli stampi.

Lo stampaggio rotazionale genera scarti relativamente bassi, dal momento che nello stampo viene introdotta una quantità di materiale corrispondente al prodotto finito (fig.6 e fig.7)

#### CATAMARANO MULTIFUNZIONE

Il concept del catamarano multifunzione prende spunto dall'ingegneria industriale applicata alla produzione in grande serie, con particolare riferimento al Design for Disassembly, DfD.

Il catamarano multifunzione ha molteplici possibilità di utilizzo:

- catamarano a motore - Z.E.V. Zero Emission Vehicle;
- catamarano a vela;
- campeggio nautico.

Il prodotto è dunque caratterizzato da una grande flessibilità produttiva, intesa come possibilità di produrre manufatti "custom made".

Il catamarano multifunzione si presta anche all'applicazione di materiali compositi per quanto riguarda la costruzione del principale componente dedicato inserito



Fig.5

in distinta base, ovvero la piattaforma di collegamento galleggianti e supporto seduta. Il progetto del catamarano multifunzione prevede l'uso di galleggianti tavolari/tubolari di volumetria opportuna, la massimizzazione dei componenti di reperibilità commerciale - ovvero la minimizzazione di quelli dedicati - a beneficio dei costi di product engineering, process engineering, quality assurance.

Il catamarano multifunzione è stato progettato per avere quattro possibili regolazioni d'assetto:

- spostamento relativo galleggianti/piattaforma per traslazione basi di collegamento;
- spostamento relativo opera morta/seduta per traslazione basi di collegamento;
- trim motore fuoribordo;
- trim flaps posteriori sulla poppa delle tavole.

La progettazione è stata effettuata in ottica DfD, Design for Disassembly, e dunque i componenti del catamarano sono smontabili per un loro riuso e riciclo nel caso di fine vita del manufatto.

Nel DfD, i fattori quali componenti impiegati, metodi di connessione ed assemblaggio sono valutati per consentire montaggi/smontaggi, riparazioni quanto più semplici possibile.

Al riguardo, la quantificazione del tempo necessario per lo smontaggio dei vari componenti e la loro separazione in gruppi omogenei mette in evidenza un determinante vantaggio del catamarano multifunzione sulle imbarcazioni confrontabili a livello di dimensioni e prezzo.

I vantaggi in termini di smontaggio, riuso componenti, riciclo degli stessi a fine vita determinano un ulteriore vantaggio competitivo in termini di basso impatto ambientale rispetto alle tradizionali imbarcazioni.

## PROTOCOLLO DI INTESA POLITECNICO DI TORINO – GARDASOLAR

### EVENTI ASSOCIAZIONE ITALIANA DI TECNICA NAVALE

Con l'obiettivo di aggiornare costantemente i propri prodotti, e dunque anche la GOGO ed il catamarano multifunzione, GardaSolar ha stipulato un protocollo di intesa con il Dipartimento di Ingegneria Meccanica ed Aerospaziale del Politecnico di Torino, focalizzando in particolare la collaborazione su:

- propulsione elettrica per imbarcazioni da diporto;
- applicazione di materiali compositi alla nautica;
- End of Life Boats (E.L.B.);
- Additive Manufacturing;
- sistemi foil applicati alla nautica da diporto;
- stampaggio rotazionale.

Il team di lavoro è composto da Alberto Pozzo, ingegnere aerospaziale, fondatore e CEO di GardaSolar, Luca Carboni, ingegnere meccanico project manager del catamarano multifunzione e collaboratore di GardaSolar, Giorgio Chiandussi, Professore del DIMEAS del Polito, referente della Nautica Sostenibile e tutor del Polito Sailing Team, Davide Tagliapietra, ingegnere aerospaziale componente del team di America's Cup Luna Rossa Prada Pirelli e progettista della GOGO. La mobilità sostenibile in acqua fa riferimento alle attività dell'Associazione Italiana di Tecnica Navale, ATENA, che ha sede centrale presso il Dipartimento di Ingegneria Navale dell'Università di Genova.

ATENA ha come mission la diffusione della cultura navale e nautica tramite i suoi associati nelle 12 Sezioni Territoriali, che organizzano eventi tecnici, quali seminari e congressi internazionali e partecipano a commissioni tecniche.

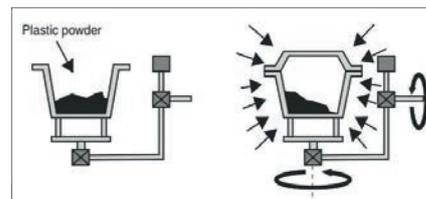


Fig.6

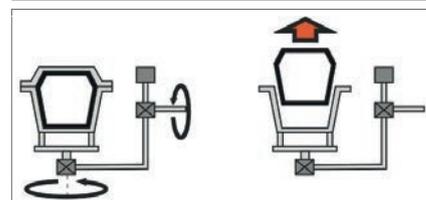


Fig.7

Davide Tagliapietra e Giorgio Chiandussi hanno organizzato alcuni eventi afferenti l'Additive Manufacturing e la progettazione in campo nautico, con il trasferimento del know how dalle competizioni alla produzione. Luca Carboni è Delegato Nazionale di ATENA per A&T Tecnologie, evento fieristico sulla robotica e automazione, ed ha organizzato numerosi eventi ATENA patrocinati da Society of Automotive Engineers Torino Group. In collaborazione con Francesco Bonino, Ingegnere Chimico di Fiat Chrysler Automobiles, ha organizzato eventi in ambito End of Life Vehicles, alcuni dei quali correlati all'omologa End of Life Boats.

## GARDASOLAR

GardaSolar è una società situata nel Parco Scientifico e Tecnologico di Trento, la cui mission è costruire prodotti ecocompatibili. GardaSolar promuove la mobilità sostenibile applicata al tempo libero, e dal 2010 sviluppa prodotti innovativi ecocompatibili e business sostenibile.



Fig.8: Il catamarano multifunzione a Marina di Capitanà

# Sustainable mobility on water

## *Electrification, Design for Disassembly, End of Life Boats*

**M**anufacturing industry is under a deep modifications of its activity, that is reflected in the production of goods referred to it and in the consequent business structure and the linked suppliers. Main symbol of this landmark change is the automotive, sector that sees an increasing electrification of its products, that are characterized by a percentage modification of the materials used to build cars, as from the following images (fig.1).

The more than ever tightening standards in terms of emissions and end of life vehicles management is causing strong modifications in the range of products on the market, characterized by:

- electrification;
- design for reuse/recycle of components/materials from end of life vehicles;
- design for disassembly.

The issues connected with the management of the end of life vehicles are further increased by the introduction of electrified vehicles on the market, caused of components like batteries that have to be recycled once arrived to their useful cycle.

To give an idea of the dimension of the problem, the end of life vehicles are about 12 millions/year, 1.5 in Italy alone. Cars are therefore to be considered as source of reddit, like "mine on wheels", in particular by the reuse of spare parts and recycled materials (fig.2).

Automotive sector has generated a so called "circular economy" (fig.3).

Because of these factors and European Community directives, carmakers are forced to improve the DfD, Design of Disassembly, and Greendesign, having these targets:

- to improve reuse/recycle;
- to reduce polluting materials from ELV to minimize disposal costs.

### **FROM AUTOMOTIVE TO NAUTIC: MULTIFUNCTIONAL CATAMARAN & GOGO**

The typical issues of the automotive described in the forward can be borrowed

to nautic sector, as manufacturing industry, even if in reduced scale.

Two examples of Greendesign applied to nautic products are: GOGO and the multifunctional catamaran.

#### **GOGO**

GOGO is an electric boat designed by Davide Tagliapietra, aerospace engineer member of America's Cup Team Luna Rossa Prada Pirelli. It is a trimaran – length 3.85 m and width 2 m – which can transport from 4 to 6 passengers and recharge the batteries with solar panels on the roof, which have the function to protect passengers from solar irradiation. GOGO is a boat particularly indicated to be used in internal waters, such as lakes and rivers, and in protected marine areas, guaranteeing environmental protection. It is built using thermoplastic material – multilayer poliyietilene - fully recyclable; its Solar Roof Version allows multiple functions:

- increased autonomy;
- recharge batteries and passengers protection from solar irradiation;
- creation of a hub to make possible energetic exchange from different GOGO, as from image 4.

GOGO allows therefore the access to marine protected areas and a full environmental protection:

- acoustic pollution absence;
- vibrations absence from mechanic parts in alternative motion;
- no use of fuels and connected emissions in air and water;

PE Multilayer structure gives strenght to the hull, and doesn't need maintenance; in addition, the hull is easily customizable (fig.5).

Therefore, GOGO is an extremely innovative boat, ecofriendly, customizable, built with fully recyclable thermoplastic material, with huge benefits for production and waste disposal costs.

The hull of the GOGO is rotationally moulded, high temperature production system that allows to obtain products with a thickness between 2 and 15 mm, that doesn't need further welded

and assembling phases. The production equipments that use this technology allows to install simultaneous stamps of different shape and dimensions, so they are very flexible.

Modifying the rotation speed around the perpendicular axis, is possible to modify the thickness of the hull, the rotation speed ratio between the two axis can be modified so that different geometries can be obtained; the ratio is given between main axis speed – arm – and the mold holder arm axis.

To obtain a uniform thickness of the walls, the ratio is typically 4:1, but different ratios are tested to obtain the correct value. Also computer aided simulations can be made to obtain the correct ratio between rotation speeds.

Rotationally moulding take place under atmospheric pressure and use polimeric powders. The powder have to resist to high temperatures for fairly long periods. During the production process, no pressure is applied to the polymer, so that the molds have thick walls and are fairly cheap to produce, very different from injection mold, that need expensive metallic alloys. The right mold and molding process allow to delete joint and welding lines, and to modify thickness without modifying molds.

Rotationally moulding process generates low amount of scraps; infact, the amount of material put inside the mold equals the material in the finished product (fig.6 and fig.7).

#### **MULTIFUNCTIONAL CATAMARAN**

The multifunctional catamaran is a project with multiple original innovative characteristics; the concept takes inspiration by industrial engineering applied to the stock production, with particular reference to the Design of Disassembly, DfD.

The multifunctional catamaran has different functions:

- engine catamaran – Z.E.V. Zero Emission Vehicle;
- sailing catamaran;
- nautic camping;



This product has great production flexibility, allowing to build custom made products.

The multifunctional catamaran allows the application of composite materials in the main dedicated component, the platform, which is connected to the surf floats and the seats.

The multifunctional catamaran foresees the use of windsurf as floaters to maximize the use of stock components, to minimize the number of dedicated components, to reduce the product engineering, process engineering and quality assurance costs.

The design of the multifunctional catamaran foresees four possible ways of setup:

- shifting platform/floaters;
- shifting platform/seats;
- outboard engine trim;
- flaps trim on the floater sterns.

The design took inspiration from Design for Disassembly, DfD, so that components can be easily disassembled for their reuse/recycle.

In the DfD factors such as components, connection and assembly methods are applied to allow easy and fast assembly/disassembly and repairs.

The time to assembly/disassembly the components and their separations in omogeneous groups put in evidence the competitive advantage of the multifunctional catamaran on traditional boats of similar dimensions/price.

The reuse/recycle of the multifunctional catamaran components is another big advantage in its end of life phase.

### AGREEMENT PROTOCOL BETWEEN POLYTECHNIC OF TURIN AND GARDASOLAR NAVAL TECHNICAL ASSOCIATION EVENTS

To allow continuous update of its products and activity, GardaSolar signed an agreement protocol with Mechanical Aerospace Department of the Polytechnic of Turin, focusing the activities on the following topics:

- use of electric propulsion on pleasure boats;
- composite materials applied on nautic sector;
- End of Life Boats;
- Additive Manufacturing;
- foils application to pleasure boats;
- rotational moulding.

The teamwork components are Alberto Pozzo, aerospace engineer founder and CEO of GardaSolar, Luca Carboni, mechanical engineer project manager of the multifunctional catamaran and GardaSolar consultant, Giorgio Chiandussi, Professor at the Aerospace & Mechanical Dept of the Polytechnic of Turin, tutor of the PolITO Sailing Team, Davide Tagliapietra, aerospace engineer member of the America's Cup Team Luna Rossa Prada Pirelli and designer of the GOGO.

Sustainable mobility on water will be a future topic of the Naval Technical Association, ATENA, located at Naval Dept of Genova University.

ATENA has the mission to promote naval and nautic culture with its twelve Territorial Sections, which organize in-

ternational congress and technical seminars.

Davide Tagliapietra and Giorgio Chiandussi organized some events on Additive Manufacturing and the nautic design, with the carryover of the know how from competition to pleasure boats. Luca Carboni is ATENA National Delegate at A&T Technologies, the main Italian event on robotics & automation, and he has been ATENA event manager with the patronage of Society of Automotive Engineers Torino Group, some of these on End of Life Vehicles & End of Life Boats with the collaboration of Francesco Bonino, Chemical Engineer in Fiat Chrysler Automobiles.

All the mentioned figures refer to the Italian version

Fig.3: End of Life Vehicles

Fig.8 - The multifunctional catamaran in Marina di Capitanà

### GARDASOLAR

GardaSolar is a society located in Trento Scientific and Technological Park, which mission is to build ecofriendly products. GardaSolar promotes sustainable mobility applied to free time, and since 2010 develops ecofriendly innovative products and sustainable business.