



Politecnico di Milano  
Facoltà del Design  
Design & Engineering  
Anno Accademico 2009-2010

# Sun Supporter

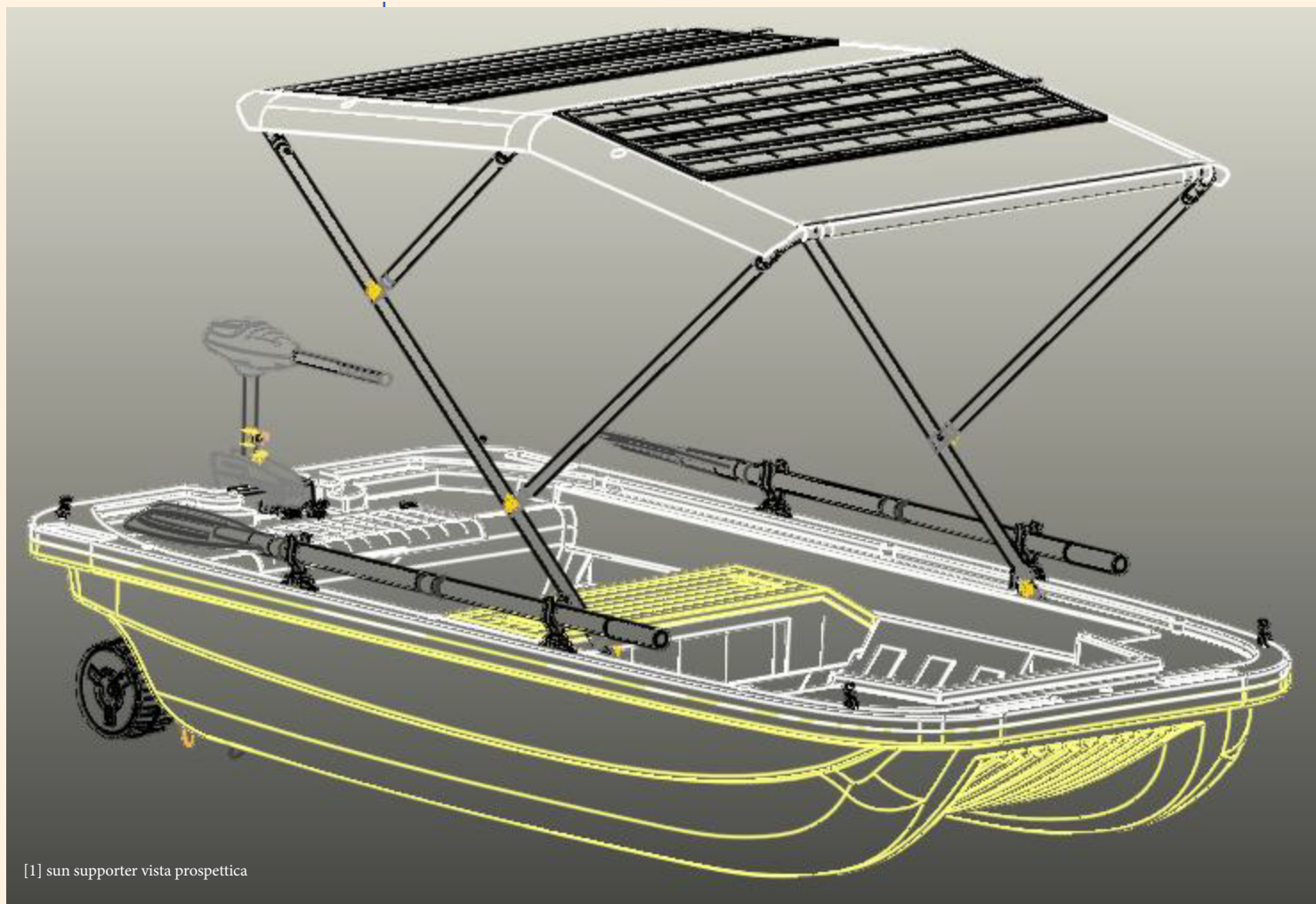
Imbarcazione trasportabile e modulare ad energia fotovoltaica '

Relatore  
Francesco Trabucco

Correlatore

Murat Ozveri  
722461

Laurea Specialistica in Design & Engineering



[1] sun supporter vista prospettica

# Indice

Indice figure.....	V
Indice tavole.....	V
Abstract .....	VII

## Prefazione

### Capitolo 1. Introduzione

1.1 Introduzione.....	9
1.2 Area di ricerca.....	10
1.3 Obiettivi del progetto.....	11

## Contesto Progettuale

### Capitolo 2. Tema di progetto

2.1 Fotovoltaico nell'imbarcazioni.....	12
2.2 Un nuovo concetto di mezzo di trasporto.....	13
2.3 Un progetto alternativo per chi?.....	14
2.4 Imbarcazione eco-compatibile.....	15
2.5 Progettare per le aree marine protette.....	16
2.6 Turismo e sviluppo sostenibile.....	17

## Ricerca & Analisi

### Capitolo 3. Fonti Energetiche Rinnovabili

3.1 Energia rinnovabile.....	18
3.2 Il Futuro del fotovoltaico.....	23
3.2.1 Rivoluzione dell'energia solare.....	23
3.2.2 Solar design.....	28
3.2.3 Celle solari - il funzionamento.....	30
3.2.4 Celle solari a film sottile.....	32
3.2.5 Celle solari polimeriche.....	34
3.2.6 Celle solari a colorante.....	35
3.3 Barche elettrosolari - applicazioni.....	36
3.4 Applicazione adatta nel contesto progettuale.....	40

### Capitolo 4. Motori Marini

4.1 Motorizzazione per le imbarcazioni a basso consumo....	42
4.2 Sostenibilità ambientale.....	43
4.2.1 Emissioni inquinanti dei motori marini.....	44
4.2.2 Emissioni inquinanti dei motori diesel.....	45
4.2.3 Principali sostanze emesse dai motori.....	48
4.3 Motori entro bordo.....	53
4.4 Motori fuoribordo.....	56
4.5 Motori entrofuoribordo.....	58
4.6 Motori termici.....	59
4.6.1 Motori a quattro tempi.....	61
4.6.2 Motori a due tempi.....	62
4.6.3 Motori a diesel (a nafta).....	63
4.6.4 Motori a gpl.....	65
4.6.5 Motori a metano.....	66
4.6.6 Motori a bioetanolo.....	67
4.6.7 Motori a idrogeno.....	68
4.7 Motori Elettrici.....	71
4.8 Motori ibridi & Soluzioni alternative.....	72
4.9 Propulsione adatta nel contesto progettuale.....	75

### Capitolo 5. Trasportabilità

5.1 Trasportabilità.....	76
5.1.1 Settore dei battelli pneumatici - Gommoni - .....	76
5.1.2 Tender.....	77
5.1.3 Tender semi-rigidi.....	78
5.2 Settore delle imbarcazioni rigide.....	79
5.2.1 Barche sportive & kayak sportivi.....	79
5.2.2 Barche sportive a multi-uso.....	81
5.3 Rimorchi trasporto per barche.....	84

### Chapter 6. Carena

6.1 Lo scafo.....	85
6.2 Tipologie di carena.....	86
6.3 Strutture e forme .....	87
6.4 Soluzione di carena adatta nel contesto progettuale.....	88

## **Capitolo 7. Stato dell'arte**

- 7.1 Imbarcazioni con i moduli FV installati sul mercato.....89
- 7.2 Tipologia degli scafi per le piccole imbarcazioni.....90
- 7.3 Alcune imbarcazioni trasportabili.....91

## **Sviluppo Progettuale**

### **Capitolo 8. Concept**

- 8.1 Una breve descrizione del concetto.....92
- 8.2 Requisiti del progetto ed obiettivi da raggiungere.....93

### **Capitolo 9. Progetto Definitivo**

- 9.1 Sviluppo progettuale.....94
  - 9.1.1 Doppio scafo termoformato a twin-sheet.....95
  - 9.1.2 Posizionamento delle parti e distribuzione pesi.....96
  - 9.1.3 Scafo a sandwich a 3 livelli con espanso marino.....97
  - 9.1.4 Posizionamento dotazioni di bordo.....98
  - 9.1.5 Coperchio di area batteria-salvagente-accessori.....99
  - 9.1.6 Sistema motore elettrico.....100
  - 9.1.7 Supporto fissaggio motore.....101
  - 9.1.8 Blocco panca mobile.....102
  - 9.1.9 Sistema ruote integrate.....103
  - 9.1.10 Blocco telaio pieghevole & cappa a 3 archi.....104
  - 9.1.11 Fissaggio blocco tenda sul telaio.....105
  - 9.1.12 Sistema Energia elettrica derivante dai moduli.....106
  - 9.1.13 Inverter.....107
  - 9.1.14 Batteria.....108
  - 9.1.15 Assemblaggio finale.....109
  - 9.1.16 Posizione di trasporto e d'immagazzinamento.....111

## **Missione Compiuta**

### **Capitolo 10. Conclusione**

- 10.1 Conclusione finale.....112

## **Bibliografia.....113**

## **Indice Tavole**

TAV\_1\_ASSONOMETRIA ESPLOSO  
TAV\_2\_VISTE PROSPETTICHE D\_ASSIEME  
TAV\_3\_VISTE D\_ASSIEME CON PROIEZIONI ORTOGONALI  
TAV\_4\_SEZIONE D\_ASSIEME E PARTICOLARI  
TAV\_5\_SCAFO ESTERNO CON PROIEZIONI ORTOGONALI  
TAV\_6\_SCAFO INTERNO CON PROIEZIONI ORTOGONALI  
TAV\_7\_ESPLOSO E SEQUENZA DI ASSEMBLAGGIO SCAFO a CATAMARANO  
TAV\_8\_ESPLOSO E SEQUENZA DI ASSEMBLAGGIO SISTEMA TENDALINO  
TAV\_9\_POSIZIONAMENTI TELAIO TENDALINO PIEGHEVOLE  
TAV\_10\_VISTA PROSPETTICA TELAIO TENDALINO CHIUSO  
TAV\_10B\_VISTA PROSPETTICA TELAIO TENDALINO CHIUSO CON MOTORE E  
TAV\_11\_VISTE E SEZIONI PANCA MOBILE ASSEMBLATO  
TAV\_12\_VISTE PANCA MOBILE PARTE BASE  
TAV\_13\_VISTE PANCA MOBILE PARTE COPERCHIO  
TAV\_14\_VISTE ed ESPLOSO CON SEQUENZA D'ASSEMBLAGGIO SISTEMA RUOTE  
TAV\_15\_VISTE DOTAZIONI DI BORDO  
TAV\_16\_VISTE MOTORE-INVERTER-BATTERIA  
TAV\_17\_VISTE E LAVORAZIONE LAMIERA DI SUPPORTO FISSAGGIO MOTORE

# Indice Figure

- [99] Immagine tratta da omniauto.it **pg.47**
- [101] Funzionamento iniezione **pg.48**
- [100] Filtro motore **pg.48**
- [102] Turbina - funzionamento **pg.49**
- [103] Aspirazione motore **pg.49**
- [105]immagine tratto dal <http://www.ctm.it/pdf/Catalogo%20ITA.pdf> **pg.50**
- [161] Un esempio kayak gonfiabili - piegabili **pg.86**  
che mette in vista la sezione dei tubolari
- [9] Immagine della barca Nautiraid NRX 190 smontata e pronta da trasportare con la massima efficienza di trasporto **pg.9**
- [155] Immagine della barca bic **pg.83**
- [158] Accessori bic **pg.83**
- [165] Immagine dimostrativa dell'imbarcazione rigida con la carena a forma di trimarano - Larianella **pg.86**
- [164] figura dimostrativa degli strati hypalon neoprene **pg.86**
- [147] strati hypalon **pg.71**
- [154] ApplicazioniNRX 190 **pg.82**
- [146] varietà di gommoni **pg.74**
- [153] Immagine della barca Nautiraid NRX 190 smontata e pronta da trasportare con la massima efficienza di trasporto **pg.82**
- [150] Immagine della barca Porta-Bote Genesis 10ft. model progettato completamente con le parti componibili e smontabili per facilitarne il trasporto. La barca è premiata **pg.81**
- [157] Applicazioni e l'uso del modello bic per bambini **pg.83**
- [167] Immagine dimostrativa di un gommone a forma di catamarano **pg.86**
- [168] immagine di un tubolare **pg.86**
- [159] Applicazione rimorchi per l'imbarcazioni **pg.83**
- [162] Kayak THD bic sport **pg.86**
- [174] modello gardasolar **pg.89**
- [175] modello planet solar **pg.89**
- [156] trasporto bic 245 sulla cappotta della macchina **pg.83**
- [53] Caratteristiche corrente-potenziale (in nero) e potenza-potenziale (in grigio), caratteristiche di una cella solare ideale **pg.30**
- [96] Motori fuoribordo in salone nautico **pg.45**
- [176] FV applicati su una barca comune **pg.89**
- [169] Immagine dimostrativa dell'imbarcazione rigida con la carena a forma di catamarano - Tender 245 **pg.86**
- [198] sun supporter vista prospettica - esploso parti **pg.112**
- [166] Figura dimostrativa di un gommone semi-rigido con la carena a forma dislocante/planante **pg.86**
- [126] Applicazioni entrofuoribordo **pg.58**
- [145] Applicazioni dei diversi motori sulla gamma torqeedo **pg.72**
- [149] Immagine della barca Nautiraid NRX 190 smontata e pronta da trasportare con la massima efficienza di trasporto **pg.82**
- [185] sun supporter vista prospettica **pg.95**
- [148] Immagine della barca smontabile modulare Nautiraid NRX 190 **pg.79**
- [200] sun supporter vista prospettica **pg.112**

- [5] Immagine della barca SOL10 completamente autonomo ad energia solare con i pannelli fotovoltaici installati **pg.12**
- [6] Immagine della barca EcoFactor: Solar powered boat **pg.13**
- [163] Nel caso dei kayak gonfiabili **pg.86**
- [183] stampi per la termoformatura **pg.95**
- [172] figura dimostrativa di forma di scafo nelle condizioni di rovesciamento **pg.87**
- [187] sun supporter vista prospettiva **pg.95**
- [180] instaboat **pg.91**
- [189] sun supporter vista prospettiva **pg.97**
- [186] sun supporter vista sezione **pg.95**
- [160] Rimorchio per gommone a rulli PM SERIES **pg.83**
- [132] Combustione interna **pg.60**
- [193] sun supporter vista prospettiva **pg.112**
- [191] sun supporter vista prospettiva **pg.112**
- [171] figura dimostrativa di forma di scafo per il calcolo della stabilità delle imbarcazioni **pg.87**
- [190] sun supporter vista prospettiva **pg.112**
- [181] sun supporter vista laterale **pg.92**
- [199] sun supporter vista prospettiva - modalità chiuso - trasportabile **pg.112**
- [184] Lavorazione e spessori termoformatura twin-sheet **pg.95**
- [131] Entrofuoribordo **pg.60**
- [173] figura dimostrativa che mette in confronto gli scafi a forma V e gli scafi a forma di catamarano **pg.88**
- [178] modello bic 245 smontato **pg.91**
- [197] sun supporter vista prospettiva - assemblaggio finale **pg.112**
- [124] Insieme di applicazioni motore elettrico fuoribordo **pg.57**
- [125] Entrofuoribordo **pg.58**
- [194] sun supporter vista tenda con FV installati **pg.112**
- [144] Fuoribordo elettrico - accessori **pg.72**
- [182] sun supporter vista laterale **pg.92**
- [138] Motore marino a gpl presentato da mercury durante il salone nautico 2009 **pg.60**
- [179] modello big piegabile **pg.91**
- [188] sun supporter vista prospettiva **pg.95**
- [177] Forme di carene **pg.90**
- [186] sun supporter vista prospettiva **pg.95**
- [192] sun supporter vista prospettiva **pg.112**
- [129] Scoppio - scarico **pg.60**
- [133] Diesel entro bordo **pg.60**
- [152] Immagine della barca GPS350 **pg.82**
- [122] Varietà di motori fuoribordo **pg.56**
- [141] Elettrico fuoribordo a gambo corto / lungo **pg.72**
- [9] [http://liceokant.mondodigitale.org/app07\\_08/](http://liceokant.mondodigitale.org/app07_08/) **pg.14**
- [11] Immagine di un impianto fotovoltaico per generare l'elettricità **pg.17**
- [76] La imbarcazione a carena a catamarano **PlanetSolar** **pg.37**
- [74] Barca a pannelli solari al Si monocristallino **pg.37**
- [14] [http://liceokant.mondodigitale.org/app07\\_08/](http://liceokant.mondodigitale.org/app07_08/) **pg.19**
- [13] Immagine foto rinnovabili/<http://liceokant.mondodigitale.org/> **pg.18**
- [5] Immagine della barca SOL10 **pg.12**
- [138] Funzionamento ad idrogeno **pg.60**
- [143] torqeedo **pg.72**
- [142] Interno entro bordo **pg.72**
- [196] sun supporter vista area protetta - sezione **pg.112**
- [128] Aspirazione-compressione **pg.60**
- [140] Ricerca ed applicazione di William Gathright **pg.72**
- [135] Motore marino diesel entro bordo, Yanmar **pg.60**
- [195] sun supporter vista area protetta **pg.112**
- [137] Conversione di un motore a benzina/diesel al gpl - modello: LOVE2005 **pg.60**
- [104] immagine motore mercedes / **pg.50**
- [106] immagine tratto dal <ftp://ftp.mobilitytech.it> **pg.50**
- [107] motore parti **pg.51**
- [108] emissioni motore **pg.51**
- [109] oil plant disaster meico gulf BP oil plant explosion **pg.52**
- [110] sostenibilità ambientale **pg.52**
- [111] oil plant disaster meico gulf BP oil plant explosion **pg.52**
- [112] Progetto biowawe: Il biomimetismo, progettare su modelli suggeriti dalla natura **pg.52**
- [116] Motore marino diesel entro bordo, Yanmar **pg.54**
- [113] Motore marino diesel entro bordo, Yanmar **pg.53**
- [114] Motore marino diesel entro bordo, Yanmar **pg.53**
- [115] Motore marino diesel entro bordo, Yanmar **pg.53**
- [117] Motore marino diesel entro bordo, Yanmar **pg.54**
- [118] Motore marino diesel entro bordo, Yanmar **pg.55**
- [119] Motore marino diesel entro bordo, Yanmar **pg.55**
- [120] Motore marino diesel entro bordo, Yanmar **pg.55**
- [121] Trasmissione moto fuoribordo **pg.56**
- [122] Varietà di motori fuoribordo **pg.56**
- [123] Varietà di motori fuoribordo **pg.56**
- [127] un sistema ad iniezione **pg.60**
- [136] MOTORI FB A CONFRONTO: 2T Benzina, 4T Benzina e 4T GPL **pg.60**

[59] Indicazioni d'uso **pg.33**

[85] completo di accessori per il funzionamento del sistema **pg.40**

[40] Pannello solare flessibile con l'uscita presa universale per gli usi di ricarica degli apparati elettronici **pg.28**

[81] La seconda versione della barca elettrosolare Scialamie I **pg.39**

[34] Immagine risorse rinnovabili per anni / Renewable energy scenario to 2040, Erec, Bruxelles, 2007. [http://www.ren21.net/pdf/erec\\_scenario%202040.pdf](http://www.ren21.net/pdf/erec_scenario%202040.pdf). **pg.26**

[69] Gommone con i pannelli solari installati tramite un telaio di acciaio INOX **pg.36**

[48] Pannelli solari in flessibili in Si - amorfo e CIS-CIGS **pg.29**

[61] Esempio di cella fotovoltaica organica (a sinistra) e modulo (a destra) **pg.34**

[69] Gommone con i pannelli solari installati tramite un telaio di acciaio INOX **pg.36**

[85] completo di accessori per il funzionamento del sistema **pg.40**

[57] La struttura interna di un modulo FV flessibile quando assorbe i raggi solari **pg.32**

[8] Immagine di una barca a forma di catamarano per i gruppi di turisti, alimentata dai moduli fotovoltaici per un'uso previsto nelle acque protette **pg.13**

[4] Sun supporter vista scao esterno - ruote integrate **pg.11**

[3] Sun supporter vista tendalino **pg.10**

[2] Sun supporter vista laterale **pg.9**

[98] Prinpali sostanze emesse dai motori **pg.46**

[95] Motore a diesel mercury fuoribordo **pg.44**

[97] Prinpali sostanze emesse dai motori **pg.45**

[93] ciclo di consumo **pg.43**

[7] Immagine di un catamarano da 4 persone, alimentata dai moduli fotovoltaici **pg.13**

[84] A Yanmar 2GM20 marine diesel engine, installed in a sailboat **pg.40**

[97] Prinpali sostanze emesse dai motori **pg.45**

[15] Immagine consumo energetico mondiale / **pg.20**

[16] Immagine consumo energetico mondiale / Source: Calculated by Earth Policy Institute from International Energy Agency (IEA) **pg.20**

[83] Il Joystik con in quale si controlla la velocità del motore **pg.39**

[17] Immagine consumo energetico mondiale / Source: Compiled by Earth Policy Institute **pg.20**

[94] Icone di green energy **pg.43**

[52] Zaino trekking pannelli solari flessibili **pg.29**

[27] La schema di funzionamento di un modulo FV costituito da celle FV e la conversione dell'energia solare in energia elettrica **pg.24**

[89] Motore marino diesel entro bordo, Yanmar **pg.42**

[9] Immagine di una barca cruiser sportivo alimentato a motore diesel per i grandi gruppi di persone **pg.14**

[92] Reazione di trasformazione rifiuti nel motore **pg.43**

[21] Immagine fonti rinnovabili / Source: Compiled by Earth Policy **pg.21**

[86] Sol 10 in fase di costruzione **pg.40**

[90] A 12 volt motore elettrico fuoribordo montato uslla poppa del gommone **pg.42**

[10] Immagine della barca da passeggiata da 3-4 persone, modello bicsport **pg.14**

[26] Mappa irraggiamento solare italia **pg.23**

[75] Pannello solare installato sul tubo d'acciaio sulla poppa di una barca **pg.37**

[80] Un particolare del motore fuoribordo della prima barca solare **pg.38**



- [48] Pannelli solari in flessibili in Si - amorfo e CIS-CIGS **pg.29**
- [3] Sun supporter vista tendalino **pg.10**
- [2] Sun supporter vista laterale **pg.9**
- [22] e [23] Immagine installazioni FV per nazioni / Source: Compiled by Earth Policy Institute from European Photovoltaic Industry Association, Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2013 (Brussels: April 2009), pp. 3-4. **pg.22**
- [24] Immagine installazioni FV per nazioni / Source: European Photovoltaic Industry Association, Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2013 (Brussels: April 2009), p. 4 **pg.22**
- [41] Celle a film sottile - silicio amorfo Uni-Solar **pg.28**
- [69] Gommone con i pannelli solari installati trameite un telaio di acciaio INOX **pg.36**
- [91] Immagine di tabella dati efficienza motore **pg.42**
- [73] Installazione e montaggio semplice di un pannello solare imbucaando la superficie in vetroresina di una barca **pg.37**
- [63] Barca con motore ibrido (diesel-elettrico) co-alimentato da elettricità solare **pg.34**
- [18] e [19] Immagine fonti rinnovabili / Source: Calculated by Earth Policy Institute from Table 5-1 using capacity factors from U.S. Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory, Power Technologies Energy Data Book, (Golden, CO: August 2006), p. 201 **pg.21**
- [60] Varietà di pannelli FV **pg.33**
- [88] Ciclo termico di un motore 4T **pg.41**
- [62] La struttura della power plastic (riprodotta da Konarka) **pg.34**
- [82] Un particolare del quadro di controllo della barca elettro solare **pg.39**
- [50] Una cravatta disegnata con i pannelli solari flessibili come materiale di progettazione **pg.29**
- [66] In tabella è presente lo stato attuale e prospettive future delle celle solari a colorante e titania **pg.35**
- [20] Immagine fonti rinnovabili / Source: Compiled by Earth Policy Institute with wind power from Global Wind Energy Council, Global Wind 2008 Report (Brussels: 2009); solar photovoltaics from European Photovoltaic Industry Association, Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2013 (Brussels: April 2009), pp. 3-4(2009), p. 10 **pg.21**
- [56] Grafico di variazione di funzionamento di una cella solare **pg.31**
- [87] Motore per barca : entrobordo diesel 400-450 cv **pg.41**
- [25] Immagine installazioni FV per nazioni / Source: Compiled by Earth Policy Institute from European Photovoltaic Industry Association, Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2013 (Brussels: April 2009), pp. 7-13. **pg.22**
- [79] **Scialamie I** La prima barca elettro solare ormeggiata nel porto di Capraia Isola **pg.38**
- [44] Moduli al Si amorfo, capaci di raggiungere un output di 2x136 Wp, principalmente diretto ai settori agricolo e industriale **pg.58**

[77] Barca di gara alimentata ad energia solare con il motore elettrico **pg.38**

[42] Moduli basati sulle celle a colorante **pg.28**

[35] Evoluzione della tecnologia solare, secondo le tre ondate di innovazione **pg.27**

[45] Pannello solare in Si amorfo installati su un capannone **pg.29**

[36] Cella solare, costituita da un wafer in silicio monocristallino **pg.27**

[50] Una cravatta disegnata con i pannelli solari flessibili come materiale di progettazione **pg.29**

[31] I moduli solari Power Plastic (produttore: Konarca) o quelli in Si amorfo, [9] (Flexcell) sono leggeri (25-50 g/m<sup>2</sup>), costano 3-5 volte meno dei pannelli convenzionali e sono adatti a soluzioni personalizzati di ogni tipo **pg.25**

[37] Celle FV policristalline depositate come film sottili **pg.27**

[78] Barca SOL 10 alimentata 100% ad energia solare **pg.38**

[58] Strati del pannello solare in silicio semicristallino **pg.33**

[51] Pannello solare flessibile in Si amorfo di Flexcell (25-50 g/m<sup>2</sup>) **pg.29**

[39] Pannello solare flessibile monocristallino ad alta efficienza - 80W/18V **pg.28**

[38] Pannello solare monocristallino - 100W/19V **pg.28**

[46] Pannelli solari a celle solari a colorante applicati sul tetto di un'auto **pg.29**

[43] Celle FV flessibili a film sottile - un modello ibrido costruito da a-Si (silicio amorfo) e CIGS **pg.28**

[9] Barca a pannelli solari al Si monocristallino **pg.14**

[33] Applicazione FV flessibili sullo zaino trekking **pg.25**

[70] Barca ibrida mercury-marine **pg.36**

[64] Un'immagine delle celle solari a colorante sviluppato in ambito di laboratorio **pg.35**

[47] Pannello solare a celle solari a colorante, trasparenti ed assorbono la luce solare **pg.29**

[71] Barca alimentata dal tessuto con i moduli FV integrati **pg.36**

[65] Un modulo solare flessibile basato su celle DSC depositate su un substrato polimerico (foto della Peccell Technologies) **pg.35**

[68] Un progetto di barca ad energia solare per i laghi, aree marine protette studiata per la diffusione del turismo sostenibile **pg.36**

[28] Gli strati di una cella solare e la sua struttura interna **pg.24**

[43] Celle FV flessibili a film sottile - un modello ibrido costruito da a-Si (silicio amorfo) e CIGS **pg.28**

[49] Tenda da camping con i pannelli solari flessibili installati sopra il tessuto **pg.29**

[59] Indicazioni d'uso **pg.33**

[85] completo di accessori per il funzionamento del sistema **pg.40**

[34] Immagine risorse rinnovabili per anni / Renewable energy scenario to 2040, Erec, Bruxelles, 2007. [http://www.ren21.net/pdf/erec\\_scenario%202040.pdf](http://www.ren21.net/pdf/erec_scenario%202040.pdf). **pg.26**

[69] Gommone con i pannelli solari installati tramite un telaio di acciaio INOX **pg.36**

[85] completo di accessori per il funzionamento del sistema **pg.40**

[61] Esempio di cella fotovoltaica organica (a sinistra) e modulo (a destra) **pg.34**

[81] La seconda versione della barca elettrosolare Scialamie I **pg.39**

[40] Pannello solare flessibile con l'uscita presa universale per gli usi di ricarica degli apparati elettronici **pg.28**

[57] La struttura interna di un modulo FV flessibile quando assorbe i raggi solari **pg.32**

[8] Immagine di una barca a forma di catamarano per i gruppi di turisti **pg.13**

[4] Sun supporter vista scao esterno - ruote integrate **pg.11**

## Abstract

Nei ultimi anni l'uso dell'energia solare per le imbarcazioni a basso consumo sta aumentando dal giorno al giorno ma rimane sempre un'altro problema da risolvere, la trasportabilità della barca, oppure a volte il peso dei pannelli fotovoltaici installati sull'imbarcazione tramite un telaio.

Nel giorno d'oggi le persone tendono sempre di vivere da soli e usare ogni apparato elettronico per facilitare il loro standard di vita, ovvero le famiglie sono sempre composte da un numero di persone ridotte rispetto agli anni precedenti anche a cause economiche. Il mondo di oggi sta diventando sempre più consapevole per proteggere l'habitat e da qui nasce un'orientamento verso il consumo di oggetti d'uso con zero l'impatto ambientale.

Obiettivo di questo progetto è raggiungere allo scopo di progettare una imbarcazione a basso consumo, capace di funzionare con l'energia solare, facile da trasportare e stoccare, sicura in navigazione, a multi-uso sia per le passeggiate rilassanti sia per la pesca a scopi sportivi.

Una barca a motore ad emissioni zero vale a dire a zero consumo di carburante, allo stato dell'arte, ipotizzabile solo in dimensioni ridotte, come ad esempio un day boat che serve per portare un piccolo gruppo di persone (3-4) a fare il bagno di mare fuori dal porto o discosto da spiagge affollate oppure per gli usi sportivi diventando così una barca da pesca o per qualsiasi altra esigenza per l'uso quotidiano o solo nei weekend.

Il prodotto finale sarà multi-funzionale, a motore elettrico fuoribordo con una propulsione ragionevole per la geometria e per il peso, capace di percorrere anche lunghe distanze purché l'accumulatore (batteria) sia sufficientemente capiente, spaziosa da poter permettere di ospitare tutti gli accessori di bordo e di navigazione necessari, per concludere, direi che sarà sviluppato un progetto d'imbarcazione su misura per l'impiego previsto.

In recent years the use of solar energy for low-power boats is increasing day by day but there is still another problem that must be solved, the portability of the boat, on the other hand sometimes the weight of solar panels installed on the boat through a frame remain the main question.

Today people tend to live alone and always use any electrical apparatus installation to facilitate their standard of life, families are always composed of a small number of people than in previous years, mainly because of the economic reasons. The today's world is becoming increasingly aware to protect habitat and here comes an orientation towards the consumption of commodities with zero environmental impact.

The aim of this project is to achieve the purpose of designing a low-power boat, capable of running with solar energy, easy to carry and store, safe on the sea, a multi-use product targeted for a relaxing seatrip or for sport-fishing purposes.

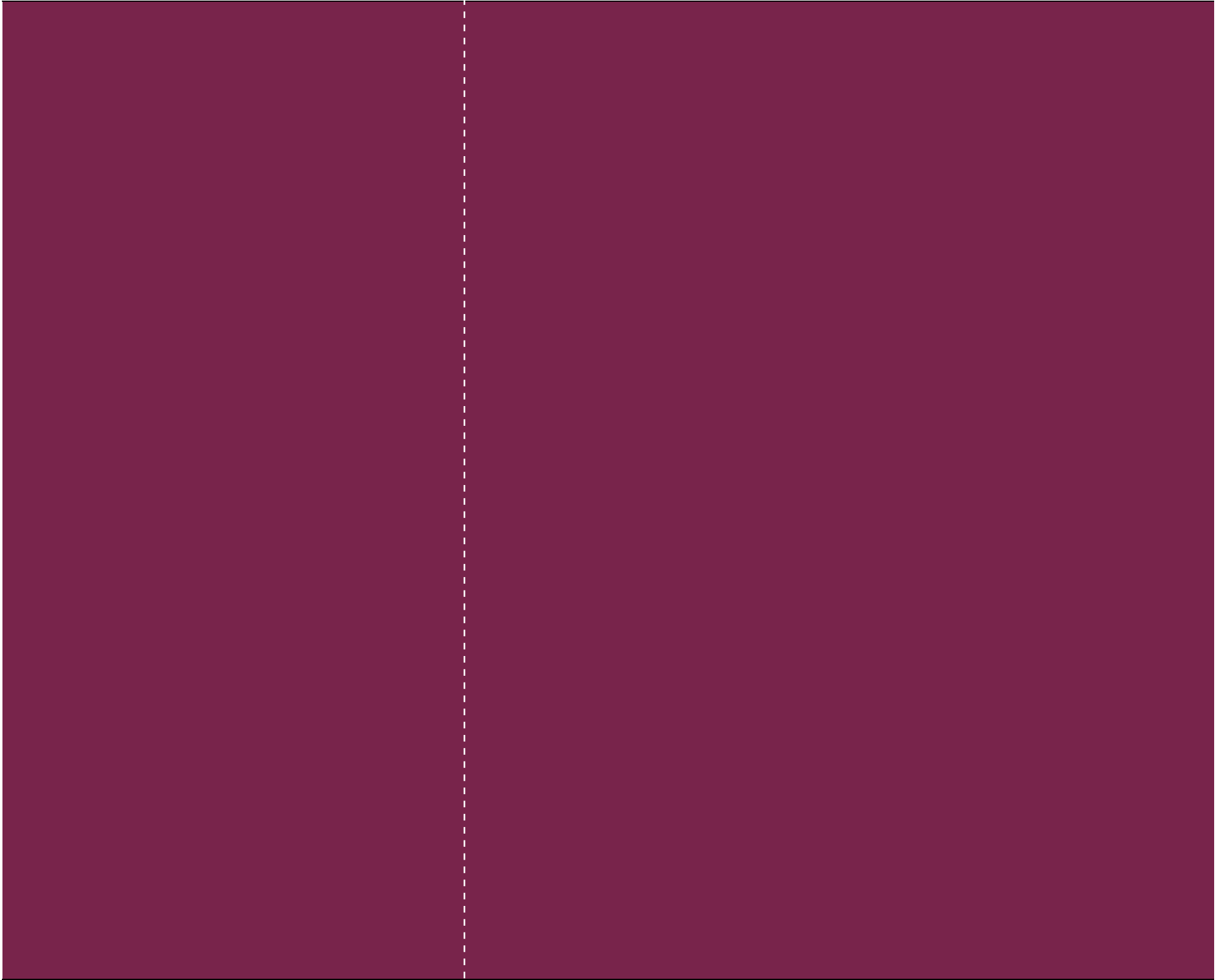
An engine boat with zero emission means zero fuel consumption, at the state of art, conceivable only in a small size, such as a day boat that serves to bring a small group of people (3-4) to carry them on the sea outside the port or through a distant place from crowded beaches or targeted to sportive reasons becoming so for fishing boat uses or for any other need of everyday use or just at weekends.

The final product will be multi-functional, with an outboard electrical engine, integrated with a propulsion on the reasonable geometry and weight, also capable of traveling long distances as long as the accumulator (battery) permits on the recharge, spaced enough to accommodate all onboard and necessary navigation accessories and finally at conclusion, I would say that it will be a boat project developed on the right dimensions capable of answering the requests for intended use.

**Prefazione**

capitolo 1

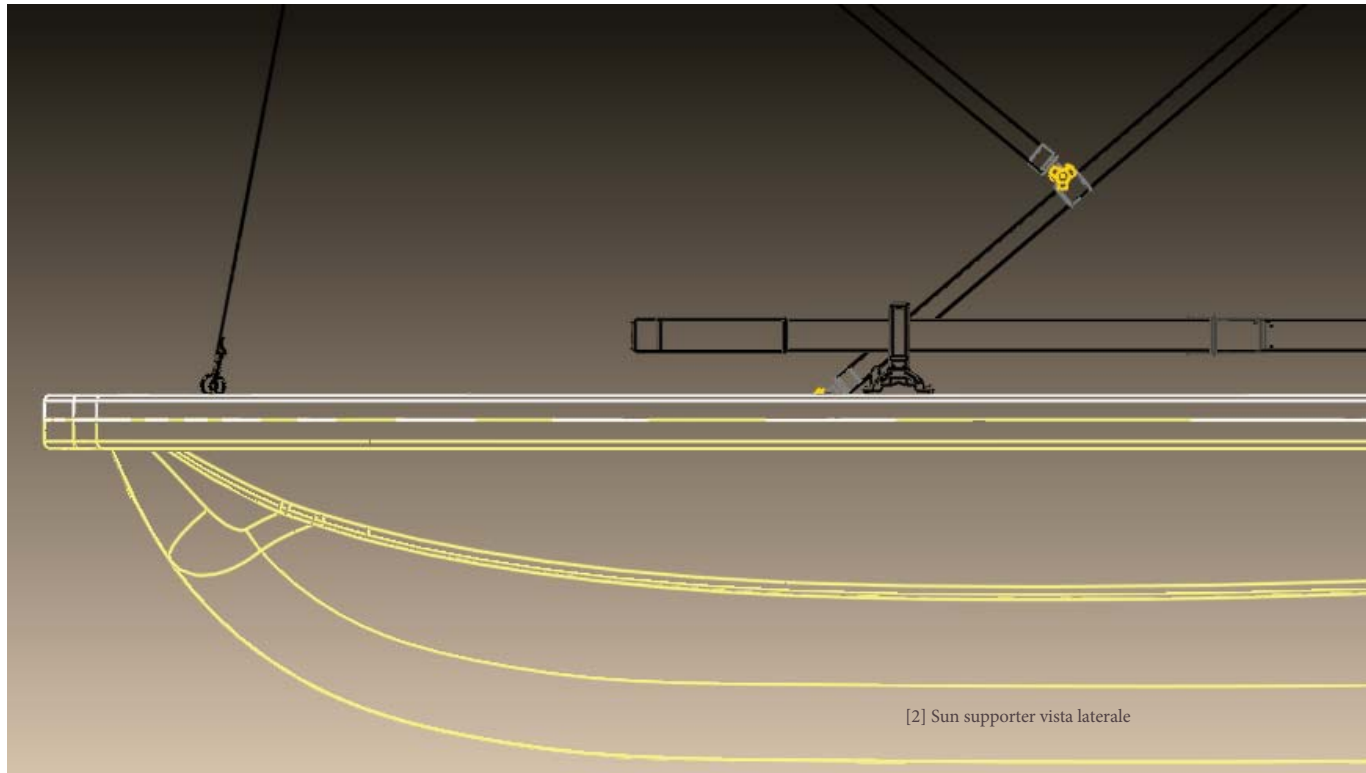
**Introduzione**



## 1.1 Introduzione

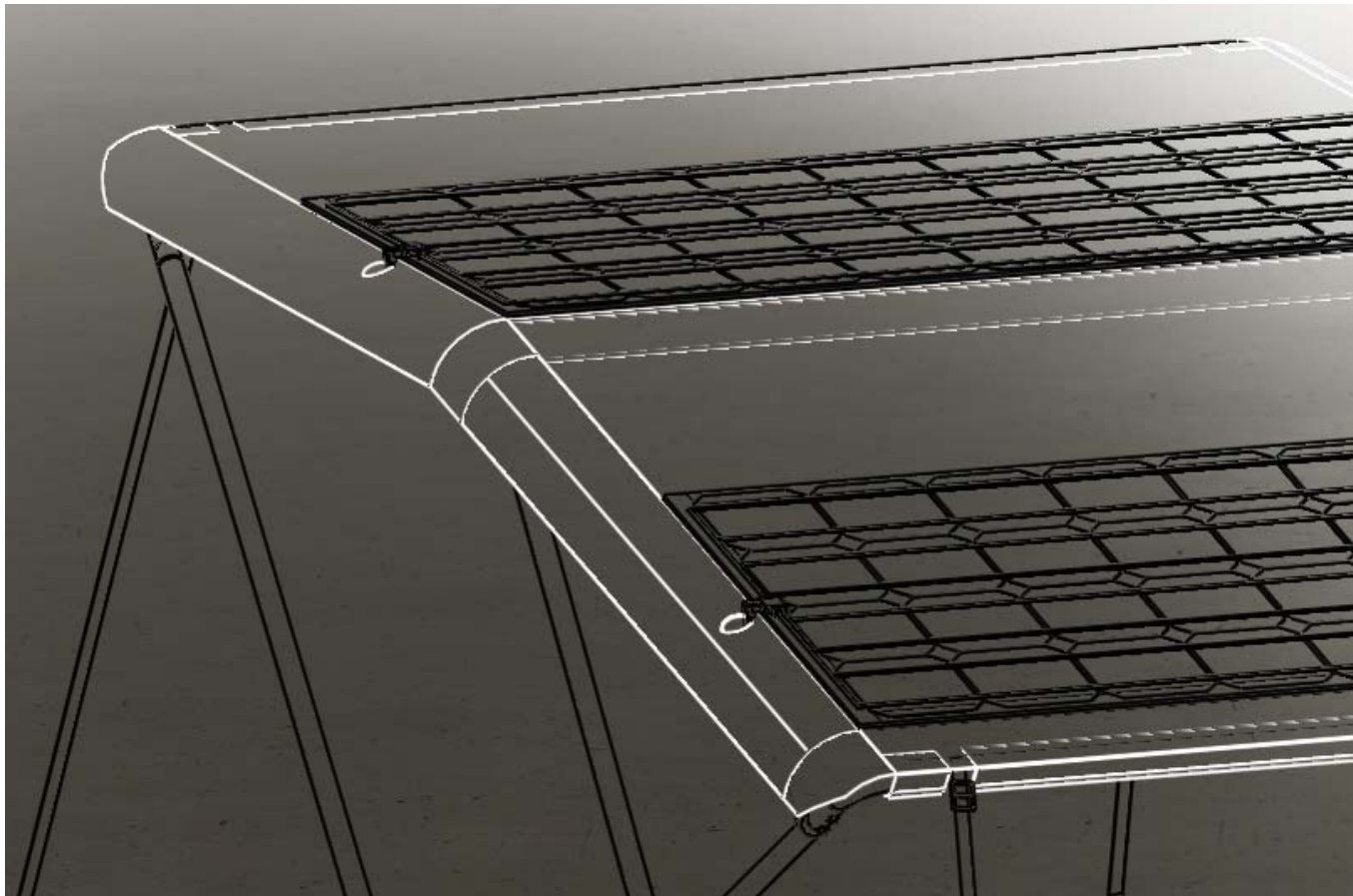
Obiettivo di questo progetto è di raggiungere allo scopo in modo da progettare un'imbarcazione a basso consumo, capace di funzionare con l'energia solare, facile da trasportare e stoccare, sicura in navigazione, a multi-uso sia per le passeggiate rilassanti sia per la pesca a scopi sportivi. Una barca del genere dovrà disporre di ampie superfici orizzontali per montarvi le celle fotovoltaiche e di un motore che consumi poco. La piattaforma che più si avvicina a queste esigenze è un'imbarcazione con una carena a forma di catamarano con scafi molto sottili al galleggiamento per offrire la minima resistenza all'avanzamento. In prima approssimazione potremmo supporre un motore di potenza massima di 500 - 550 watt che consenta una velocità di circa 1-1,5 nodi.

Il prodotto finale sarà multi-funzionale, a motore elettrico fuoribordo con una propulsione ragionevole per la geometria e per il peso, capace di percorrere anche lunghe distanze purché l'accumulatore (batteria) sia sufficientemente capiente, spaziosa da poter permettere di ospitare tutti gli accessori di bordo e di navigazione necessari, per concludere, direi che sarà sviluppato un progetto d'imbarcazione su misura per l'impiego previsto.



## 1.2 Area di ricerca

Area di ricerca dell'argomento di questa tesi di carattere progettuale è focalizzato sulle ultime tecnologie aggiornate di pannelli fotovoltaici flessibili, sottili, piegabili, sull'uso degli apparati necessari che supportino queste tecnologia e sulla modularità dell'intera imbarcazione assistendosi dalle tecnologie di stampaggio relative ad ogni singola parte dell'assemblato finale .

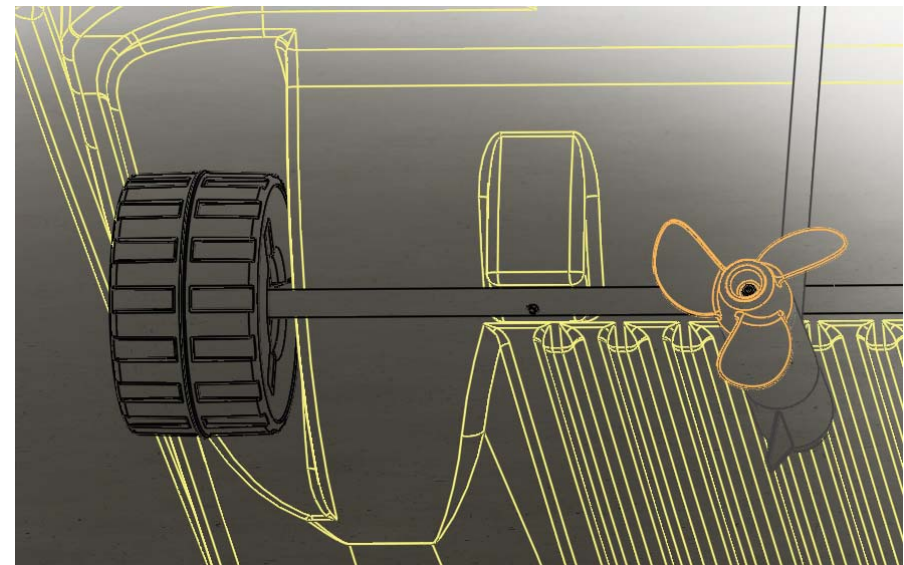


[3] Sun supporter vista tendalino

### 1.3 Obiettivi del progetto

Gli obiettivi da raggiungere con lo sviluppo di questo prodotto sono elencati come da sotto;

- 1-Installazione dei pannelli solari che saranno la fonte energetica rinnovabile dell'imbarcazione.
- 2-Installazione del motore elettrico e del sistema elettrico per il motore.
- 3-Altre dotazioni di bordo che facilitano il movimento e l'uso durante la navigazione.
- 4-Il doppio scafo che garantisce la perfetta sicurezza dei passeggeri: qualora un impatto molto violento danneggi lo scafo esterno, quello interno riempito di materiale espanso galleggiante assicura le condizioni sufficienti per rientrare a terra.
- 5-La sufficienza d'autonomia elettrica necessaria per la navigazione.
- 6-Eco-compabilità.
- 7-Modularità in modo che il prodotto finale sia compatto alla trasportabilità occupandosi poco spazio nei momenti di non uso.
- 8-Semplicità d'uso in tutti i sensi e in tutte le sue parti singolari.
- 9-Eliminazione dei elementi di fissaggio al più possibile.
- 10-Assemblaggio facilitato e rapido.
- 11-Adattabilità alle tecnologie di produzione d'oggi.
- 12-Peso alleggerito.
- 13-Massima stabilità possibile per garantire alta sicurezza ai passeggeri.
- 14-Un prodotto solido ma leggero, a 0 impatto ambientale, completamente riciclabile, user-friendly ed eventuale un design caratterizzante dal punto di vista estetico.



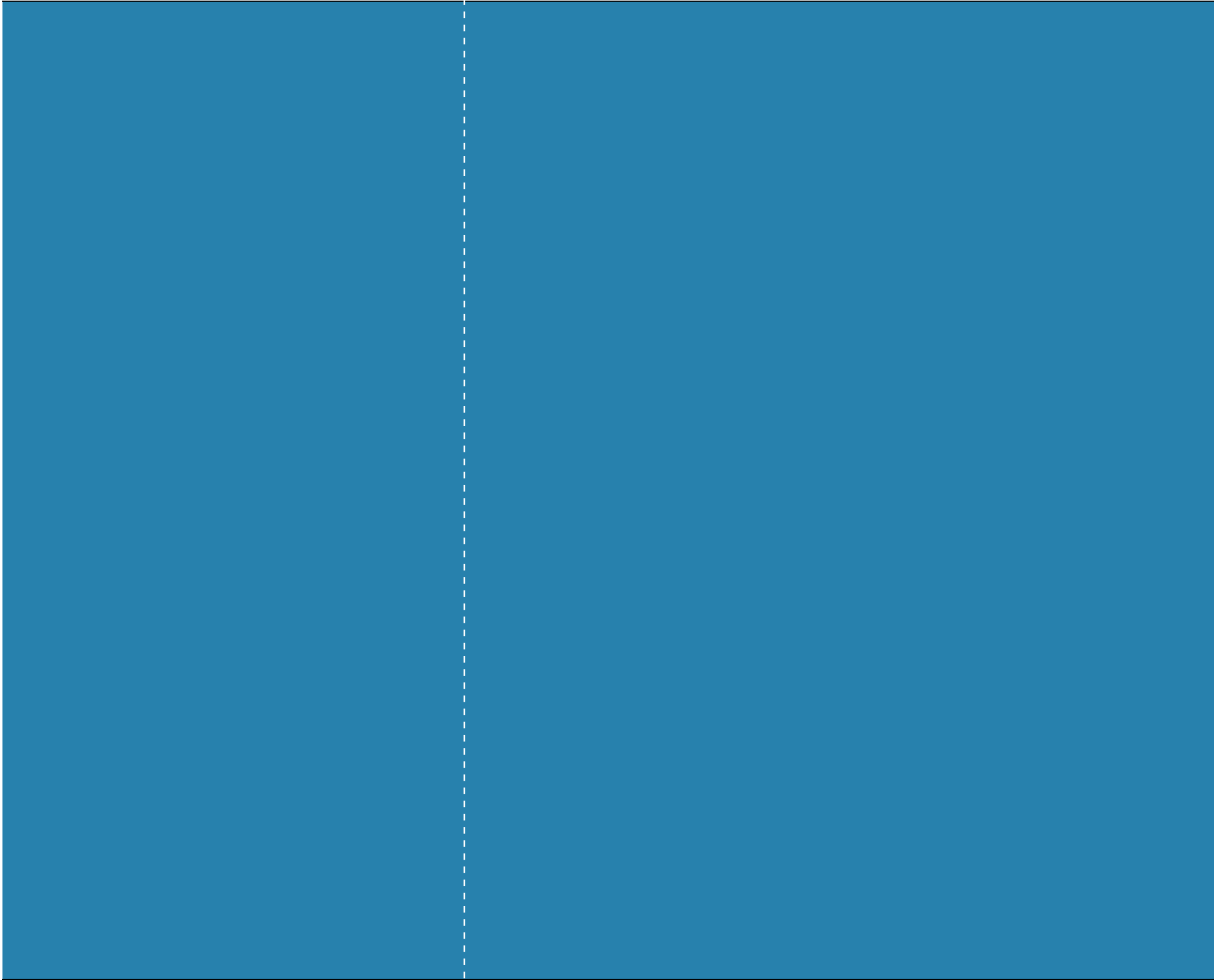
[4] Sun supporter vista scafo esterno - ruote integrate



**Contesto Progettuale**

capitolo 2

**Tema di Progetto**



## 2.1 Fotovoltaico nell'imbarcazioni

Ipotizziamo una barca che rimane sempre ormeggiata in porto e viene usata per uscite diurne, con solo due ore di moto al giorno, una per raggiungere la destinazione voluta, e una per tornare in porto. Va munita ovviamente di una batteria di capacità sufficiente a garantire le due ore di moto ma dei pannelli fotovoltaici svolgerebbero la ricarica durante tutte le ore di sole, anche quando è ferma e gli ospiti stanno facendo il bagno di mare e la penichella pomeridiana.

Mentre la capacità della batteria va perciò calcolata in funzione delle ore di moto previste e della potenza del motore, la superficie dei pannelli si deve commisurare alle caratteristiche dell'irraggiamento solare nella località d'impiego, assai variabile tra l'alto Tirreno e la Sicilia e nelle varie stagioni.

Una barca del genere dovrà disporre di ampie superfici orizzontali per montarvi le celle fotovoltaiche e di un motore che consumi poco. La piattaforma che più si avvicina a queste esigenze è un'imbarcazione con una carena a forma di catamarano con scafi molto sottili al galleggiamento per offrire la minima resistenza all'avanzamento. In prima approssimazione potremmo supporre un motore di potenza massima di 500 - 550 watt che consenta una velocità di circa 1-1,5 nodi.



[5] Immagine della barca SOL10 completamente autonomo ad energia solare con i pannelli fotovoltaici installati

## 2.2 Un nuovo concetto di mezzo di trasporto

Il nuovo concetto di mezzo di trasporto marino previsto da questa tesi è unire le capacità tecnologiche di produzione d'oggi e l'energia solare, cosiddetta energia fotovoltaica alimentando la propulsione del motore ad 0 emissioni di carbonio. Questa nuova imbarcazione sarà progettata in dimensioni ridotte per solo 3 adulti o 2 adulti + 2 bambini e sarà in grado di essere trasportata ovunque con i metodi più semplici e applicabili da parte di una singola persona, facilitando il movimento sulla terra e in acqua. Il trasporto sarà possibile anche mettendo la imbarcazione in oggetto sul tetto delle auto ed invece per i movimenti di piccola distanza saranno previsti le ruote integrate al corpo dell'imbarcazione per facilitarne il movimento sulla spiaggia o sull'asfalto.



[6] Immagine della barca EcoFactor: Solar powered boat che ha attraversato l'Oceano pacifico grazie ad un motore parzialmente alimentato dai pannelli solari.



[7] Immagine di un catamarano da 4 persone, alimentata dai moduli fotovoltaici.



[8] Immagine di una barca a forma di catamarano per i gruppi di turisti, alimentata dai moduli fotovoltaici per un'uso previsto nelle acque protette.

## 2.3 Un progetto alternativo intorno a chi ?

Il progetto ha l'obiettivo primario di promuovere l'uso di un'imbarcazione a basso costo, ottenibile facilmente da tutte le fasce economiche della società. Le famiglie sono puntate per prima per la loro esigenza di unirsi con la natura, e così ricoprendo il vuoto di muoversi e scoprire il mondo causato dalla mancanza di tempo per il trasporto di una imbarcazione, (prevedremo di diminuire i tempi di trasporto). Altri fattori intorno a famiglie e/o piccoli gruppi di persone per avere un'imbarcazione di dimensioni ridotte sono i costi di mantenimento e a volte la complicità d'uso (senza patente nautica). Il nostro target è di coraggiare singole persone o le famiglie in modo che abbiano possibilità di avere un'imbarcazione a multi-uso.



[9] Immagine di una barca cruiser sportivo alimentato a motore diesel per i grandi gruppi di persone.



[10] Immagine della barca da passeggiata da 3-4 persone, modello bicsport



## 2.4 Imbarcazione eco-compatibile

Eco-compatibilità delle imbarcazioni nei differenti scenari d'uso porta un'elevata importanza nel giorno d'oggi. Le caratteristiche individuali di ogni singolo battello riguarda al potenziale inquinamento idrodinamico, da gas, da rumore irradiato e da eccessiva propulsione, nonché la priorità della funzione a cui è destinato ed il criterio di uso della famiglia di battelli simili.

### Parametri di eco-compatibilità

Riportiamo qua di sotto la eco-compatibilità complessiva di ogni battello è descritta dai fattori agenti sull'ambiente. E' da considerare che le imbarcazioni con le motorizzazioni superiori a 10 hp comincino già ad esser negativamente molto influenti nel sistema ecologico.

La eco-compatibilità complessiva di un battello è costituita da quattro ordini di fattori cogenti, bastai su parametri obiettivi e misurabili, ad un criterio di tollerabilità prefissate dalle leggi e norme in vigore:

1. il potenziale di inquinamento idrodinamico, legato alle dimensioni, al peso del battello, alle forme di carena ed alla velocità di esercizio. L'inquinamento idrodinamico è causa di danni da moto ondoso, danni indiretti alle barche ormeggiate, dilavamenti etc.
2. il potenziale di inquinamento dovuto alla sovrappropulsione, cioè alla esuberanza di potenza propulsiva installata rispetto al plausibile per le dimensioni, il peso e la forma di carena del dato battello. L'inquinamento da sovrappropulsione è causa di vortici, smottamenti, risucchi, impulsi di pressione nei transitori.
3. Il potenziale di inquinamento ambientale dovuto al rumore aereo irradiato, alle effusioni gassose ed agli spandimenti non accidentali di sostanze inquinanti come oli, biocidi e reflui. L'inquinamento ambientale è causa della contaminazione atmosferica e delle acque, nonché del disturbo alla quiete pubblica e del biosistema.
4. Il potenziale di inquinamento da traffico simile dovuto alla accresciuta densità di sorgenti inquinanti analoghe. La valutazione dell'impatto potenzialmente inquinante del singolo battello è messo in relazione con la numerosità dei passaggi generate da servizi omogenei in termini funzionali.
5. il criterio di tollerabilità classifica la priorità assegnata ai differenti servizi svolti dai battelli, in termini di ineluttabilità od accettazione del potenziale inquinamento, considerato sotto il profilo di valutazione costi-benefici per l'intera collettività.

Per il nostro progetto considereremo questi fatti e criteri, rivalutando la necessità di usare o eliminare direttamente l'uso dei motori a carburante (Prevedremo l'uso di un motore elettrico).

## 2.5 Progettare per le aree marine protette

Innanzitutto descriviamo che cosa è un'area marina protetta; al fine dell'istituzione di un'area marina protetta, un tratto di mare deve innanzitutto essere individuato per legge quale " area marina di reperimento". Una volta avviato l'iter istruttorio all'area marina di reperimento, questa viene considerata come area marina protetta di prossima istituzione.

Le aree marine protette sono istituite ai sensi delle leggi n. 979 del 1982 e n. 394 del 1991 con un Decreto del Ministro dell'ambiente che contiene la denominazione e la delimitazione dell'area, gli obiettivi e la disciplina di tutela a cui è finalizzata la protezione.

Ogni area è suddivisa in tre tipologie di zone con diversi gradi di tutela.

Sono costituite da ambienti marini, dati dalle acque, dai fondali e dai tratti di costa prospicienti, che presentano un rilevante interesse per le caratteristiche naturali, geomorfologiche, fisiche, biochimiche con particolare riguardo alla flora e alla fauna marine e costiere e per l'importanza scientifica, ecologica, culturale, educativa ed economica che rivestono.

Possono essere costituiti da un ambiente marino avente rilevante valore storico, archeologico-ambientale e culturale.

La navigazione all'interno di un'area marina protetta è soggetta a regolamentazione. Nell'Area Marina Protetta Isole Ciclopi in particolare, fatta eccezione per la zona A in cui è consentito esclusivamente l'accesso ai natanti a remi per il raggiungimento delle aree di balneazione, la navigazione a motore di natanti e imbarcazioni dotati di dispositivi a basso impatto ambientale è consentita nella zona B con velocità non superiore a cinque nodi e nella zona C con velocità non superiore a dieci nodi.

Per dispositivi a basso impatto ambientale si intendono casse (holding tanks) per la raccolta e il conferimento delle acque nere a bordo delle unità da diporto dotate di impianti igienici, realizzati secondo le specifiche delle norme UNI ISO 8099 e dotati di valvola "Y"; raccolta o filtrazione/depurazione delle acque di sentina; motori a 4 tempi o di nuova concezione ad elevata tecnologia ed a basso impatto ambientale con un livello di emissioni entro i limiti previsti dalla Direttiva 2003/44/ CE o idonei all'utilizzo di combustibili alternativi a maggiore compatibilità ambientale (bioetanolo e GPL); motori ausiliari o fuoribordo elettrici.

I natanti e le imbarcazioni sprovvisti di tali dispositivi navigano all'interno dell'area marina protetta a velocità moderata, cinque nodi per la zona b e dieci nodi per la zona C, lungo rotte individuate dalle ordinanze di navigazione e traffico emanate dalla Capitaneria di Porto per accedere ai porti e ai campi ormeggio.

La sosta di natanti ed imbarcazioni è consentita nelle zone B e C. L'ancoraggio è vietato nelle zone A e B. Nella zona C di riserva generale l'ancoraggio è consentito, tranne che nel tratto di mare compreso tra il molo del porto di Acicastello e i faraglioni piccoli per la presenza di un posidonieto.

E' altresì consentita la sosta di natanti e imbarcazioni presso i campi ormeggio appositamente predisposti dall'ente gestore.

Quindi è indispensabile non prevedere l'uso di un motore a zero impatto ambientale per creare un quadro generale dell'imbarcazione in oggetto alla progettazione che spiegherò più in dettaglio nei capitoli successivi. cercherò di riportare tutti questi criteri ad integrare con il nostro progetto, prevenendo la possibilità d'uso di un motore elettrico, e in questo modo darò un'accesso illimitato (o quasi) alla sua modalità d'uso.

## 2.6 Turismo e sviluppo sostenibile

Il turismo responsabile si riferisce a un approccio al turismo nato alla fine degli anni ottanta e caratterizzato da una duplice preoccupazione per l'ambiente dei luoghi visitati dal turista e per il benessere delle popolazioni che vi abitano. Nella maggior parte dei casi, l'espressione viene utilizzata con riferimento al turismo nei paesi del Terzo Mondo o in via di sviluppo, dove si concentrano una parte essenziale del patrimonio ambientale del pianeta (che l'ecoturismo si ripromette di preservare) e, spesso, popolazioni in difficoltà (che l'ecoturismo si ripromette di aiutare). Soprattutto in quest'ultimo aspetto, il concetto di ecoturismo si può mettere in relazione con quello di commercio equo e solidale. Molte organizzazioni ambientaliste internazionali e associazioni benefiche indicano l'ecoturismo come strumento utile per integrare politiche di sviluppo sostenibile. Il 2002 è stato dichiarato "Anno Internazionale dell'Ecoturismo" dalle Nazioni Unite.

Lo stesso concetto è, però, applicabile anche per la difesa dei valori del territorio anche in paesi sviluppati per l'affermarsi di un concetto di turismo che non distrugga le risorse naturali.

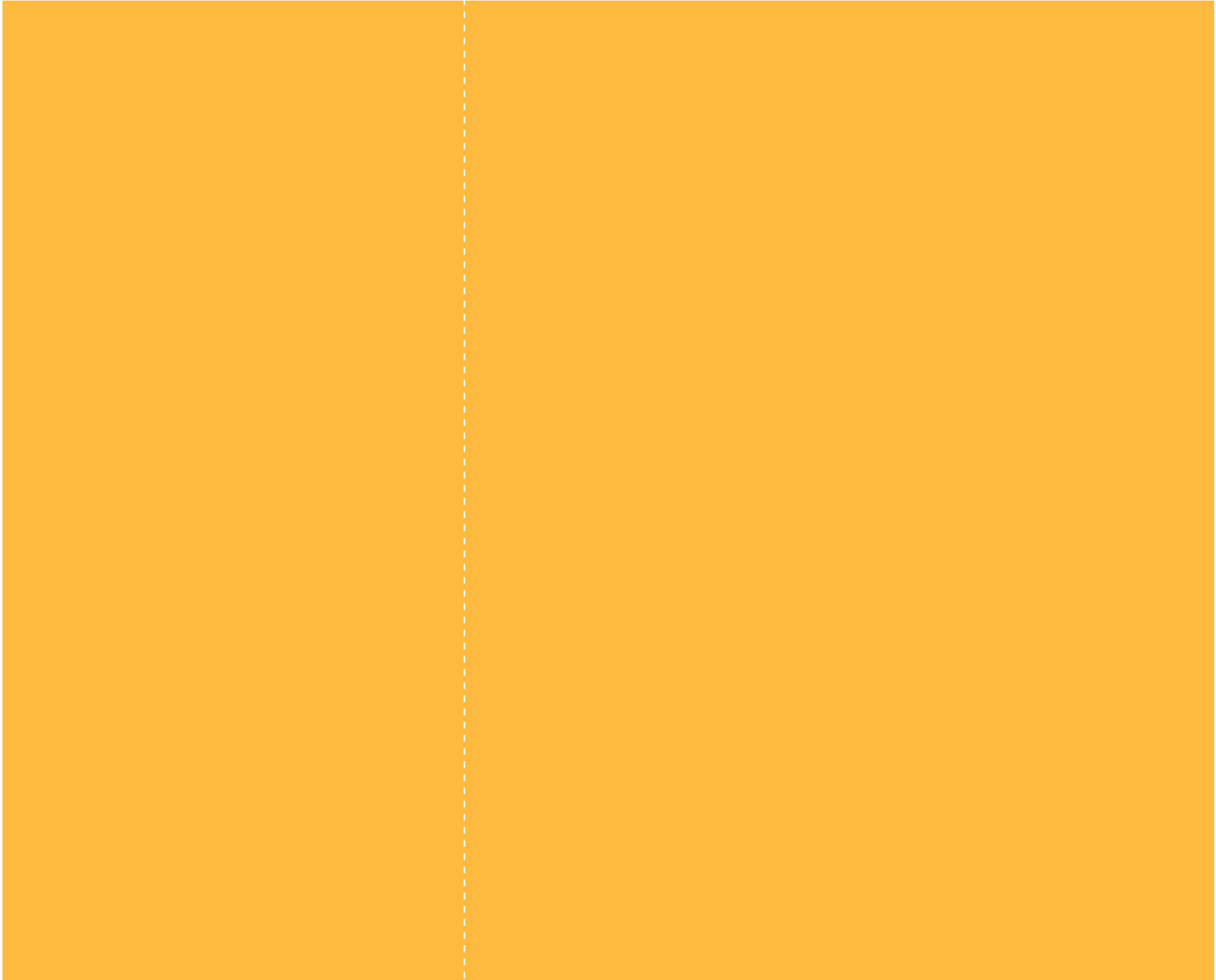




**Ricerca & Analisi**

capitolo 3

**Fonti Energetiche Rinnovabili**



### 3.1 Energia Rinnovabile

Sono da considerarsi energie rinnovabili quelle forme di energia generate da fonti il cui utilizzo non pregiudica le risorse naturali per le generazioni future o che per loro caratteristica intrinseca si rigenerano o non sono "esauribili" nella scala dei tempi "umani".

Mentre da un punto prettamente scientifico tale definizione non ha particolare senso, in quanto in base ai postulati necessari per definire il primo principio della termodinamica, per cui nulla si crea o si distrugge, tutte le forme di energia sono rinnovabili, da un punto di vista sociale, e quindi politico, crea la distinzione in uso oggi fra fonti di energia considerate rinnovabili (sole, vento, ecc...), il cui utilizzo attuale non ne pregiudica la disponibilità nel futuro, e quelle non rinnovabili, fossili (petrolio, carbone, gas naturale), e nucleare (uranio, plutonio), le quali avendo lunghi periodi di formazione, di molto superiore a quelli di consumo attuale, sono limitate nel futuro. Da questo punto di vista, l'inclusione o meno di una particolare fonte, come la termovalorizzazione, è dunque soggetta a molti fattori non necessariamente scientifici, creando di fatto situazioni di non uniformità di giudizio tra i diversi soggetti interessati (ONG, governi, amministrazioni locali).

Come già enunciato, non esiste una definizione univoca dell'insieme delle fonti rinnovabili, esistendo in diversi ambiti diverse opinioni sull'inclusione o meno di una o più fonti nel gruppo delle "rinnovabili". Secondo la normativa di riferimento italiana, vengono considerate "rinnovabili": Rientrerebbero in questo campo dunque:

- \* Energia idroelettrica
  - o energia mareomotrice (o delle maree)
  - o energia del moto ondoso
  - o energia talassotermica (sfrutta la differenza di temperatura tra la superficie marina e la profondità oceanica)
- \* Energia geotermica
- \* Energia solare (termica e fotovoltaica)
- \* Energia eolica
- \* Energia da biomasse
  - o Biogas
  - o Oli vegetali
  - o Biodiesel
  - o Cippato (ottenuto da scarti di legno puro nelle segherie con speciali macchine fisse)
- \* Termovalorizzazione di CDR (combustibile derivato dai rifiuti)

A proposito di quest'ultima, è comunque da notare che solo in Italia (in violazione delle direttive europee in materia) viene considerata rinnovabile totalmente l'energia prodotta dalla termovalorizzazione (cioè dall'incenerimento) laddove la UE considera invece "rinnovabile" solo la parte organica dei rifiuti (ovvero gli scarti vegetali).

[9] [http://liceokant.mondodigitale.org/app07\\_08/](http://liceokant.mondodigitale.org/app07_08/)

Fonte rinnovabile, per la UE, significa quindi riproducibile dal Sole attraverso la fotosintesi e la catena trofica. Sebbene "non fossile", l'energia nucleare, non viene unanimemente considerata rinnovabile, in quanto il suo utilizzo dipende comunque da riserve limitate di materiali che non si rigenerano alla stessa velocità con cui vengono consumate e ancora, al contrario delle altre citate, pongono seri problemi di sicurezza e di smaltimento dei prodotti di scarto. Inoltre, in alcuni studi non viene considerata "rinnovabile" l'energia geotermica, mentre nell'ambito dei movimenti ambientalisti, spesso viene scartata l'energia prodotta dai rifiuti solidi urbani, in quanto questi sono prodotti anche con materie prime fossili o prodotti sintetici non biodegradabili (mentre solo la parte organica dei rifiuti sarebbe da considerarsi "rinnovabile").

“Nel 2006 l'Italia ha prodotto quasi 52,2 TWh di elettricità da fonti rinnovabili, pari al 15,4% del totale di energia elettrica richiesta, con il 12,05% proveniente da fonte idroelettrica e la restante parte data dalla somma di geotermico ed eolico (in pratica, circa il 90% della produzione rinnovabile è prodotto con impianti definiti "programmabili"). Con tali valori, l'Italia risulta essere il quarto produttore di elettricità da fonti rinnovabili nell'UE-15, seppur ancora lontana dagli obiettivi comunitari previsti, che prevedono la produzione del 22% di energia richiesta da fonte rinnovabile entro il 2010. È inoltre da notare che negli ultimi anni la produzione rinnovabile italiana è cresciuta molto poco o si è mantenuta pressoché stabile, nonostante una forte crescita della fonte eolica (ma con basse percentuali), a causa di una sostanziale stasi della preponderante produzione idroelettrica, di fatto quasi giunta alla saturazione del potenziale economicamente sfruttabile. Inoltre, nonostante gli incentivi, l'Italia deve anche fare i conti con ritardi legislativi e di adeguatezza delle reti di distribuzione.” [8]



[13] Immagine fonti rinnovabili/<http://liceokant.mondodigitale.org/>

### 3.1 Energia Rinnovabile

Come abbiamo citato precedentemente le risorse rinnovabili sono risorse che si rinnovano nel tempo, per cause naturali o per l'effetto della coltivazione dell'uomo. Riportiamo qua sotto un'elenco delle risorse che continuano a rinnovarsi nel tempo per cause naturali cosiddette energie rinnovabili (o fonti rinnovabili):

**-Solare Fotovoltaico**

Si basa sulla proprietà che hanno alcuni materiali, detti "semiconduttori", che opportunamente trattati generano energia elettrica quando vengono esposti alle radiazioni solari

**-Solare Termico**

Consiste in dispositivi contenenti un fluido (acqua o aria) che esposti alle radiazioni solari rendono disponibile acqua calda per usi sanitari o per la climatizzazione degli uffici.

**-Energia Eolica**

Mediante aerogeneratori converte direttamente l'energia del vento in meccanica. Può essere quindi utilizzata per il pompaggio, per usi industriali e soprattutto per la generazione di energia elettrica.

**-Energia da Biomasse**

E' energia prodotta da materiali biologici (residui agricoli e forestali, rifiuti urbani, ecc.) grazie a processi di conversione quali combustione, gassificazione, pirolisi, fermentazione e digestione anaerobica.

**-Bioclimatica**

Sistemi e tecnologie per captare, accumulare, distribuire e controllare l'energia del sole all'interno degli edifici.

**-Energia Geotermica**

E' l'energia conservata nelle rocce e nei fluidi della crosta terrestre. Viene usata direttamente o convertita in elettricità.

**-Minidraulica**

Mediante apposite turbine si sfrutta l'energia dei fiumi e dei bacini artificiali, in genere per produrre elettricità

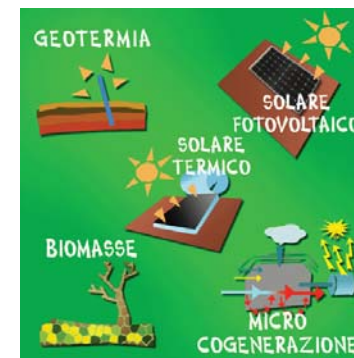
**-Energia del Mare**

Sfruttamento dell'energia di correnti, onde, maree, e del gradiente termico esistente tra superficie e profondità

Energia Mondiale Richiesta nel 2006, con previsioni dell'IEA per il 2008 e 2020					
Risorsa Energetica	Tasso di Crescita, 2006-2015	Tasso di Crescita, 2015-2020	Energia Mondiale Richiesta 2006	Energia Mondiale Richiesta 2008	Energia Mondiale Richiesta 2020
	Percentuale		Equivalenti al milione di ton. di petrolio		
Carbone	3.1	1.7	3,053	3,246	4,374
Petrolio	1.3	0.9	4,029	4,134	4,744
<i>incluso il Trasporto</i>	<i>1.7</i>	<i>1.4</i>	<i>2,105</i>	<i>2,177</i>	<i>2,620</i>
Gas	2.1	1.5	2,407	2,509	3,130
Nucleare	1.3	0.6	728	747	842
Idroelettrica	2.3	1.9	261	273	353
Biomasse e Rifiuti	1.7	1.3	396	422	582
Altri Rinnovabili	10.2	6.4	66	80	215
<b>Totale</b>			<b>10,940</b>	<b>11,412</b>	<b>14,240</b>
Total Non-rinnovabile			10,217	10,637	13,090
Total Rinnovabile			723	775	1,150

“Riportato di sopra la tabella che indica esplicitamente la richiesta e consumi di energia generata in diverse forme.

Nota: Energia richiesta equivale all'energia fornita. Nucleare riferisce all'elettricità prodotta da un pianto nucleare con un'efficienza termica di 33% in media. Biomass and waste includes commercially traded solid biomass and animal products, gas and liquids derived from biomass, industrial waste, and municipal waste. Other renewables include geothermal, solar, wind, tide, and wave energy for electricity and the direct use of geothermal and solar heat.” [9]



[14] [http://liceokant.mondodigitale.org/app07\\_08/](http://liceokant.mondodigitale.org/app07_08/)

Electricity Source	Growth Rate, 2006-2015	Growth Rate, 2015-2020	World Electricity Demand, 2006	World Electricity Demand, 2008	World Electricity Demand, 2020
	Percent		Terawatt-hours		
Coal	4.1	2.3	7,756	8,399	12,442
Oil	-0.5	-2.1	1,096	1,085	941
Gas	2.4	2.1	3,807	3,994	5,243
Nuclear	1.3	0.6	2,793	2,865	3,232
Hydro	2.3	1.9	3,035	3,178	4,101
Biomass and Waste	6.4	5.3	239	271	542
Wind	19.9	7.9	130	187	970
Geothermal	5.8	4.5	59	66	122
Solar	33.3	15.9	4	7	111
Tidal/Wave	8.0	8.4	1	1	3
<b>Total Non-renewable</b>			<b>15,452</b>	<b>16,343</b>	<b>21,858</b>
<b>Total Renewable</b>			<b>3,468</b>	<b>3,710</b>	<b>5,849</b>
<b>Total</b>			<b>18,920</b>	<b>20,053</b>	<b>27,707</b>

“Notes: Electricity generation is equal to electricity demand and is defined as the electricity generated by power plants including own use and transmission and distribution losses. Hydropower includes both macro and micro hydropower generation. Biomass and waste includes solid biomass and animal products, gas and liquids derived from biomass, industrial waste, and municipal waste. Electricity generation from solar power includes both PV and solar thermal.”

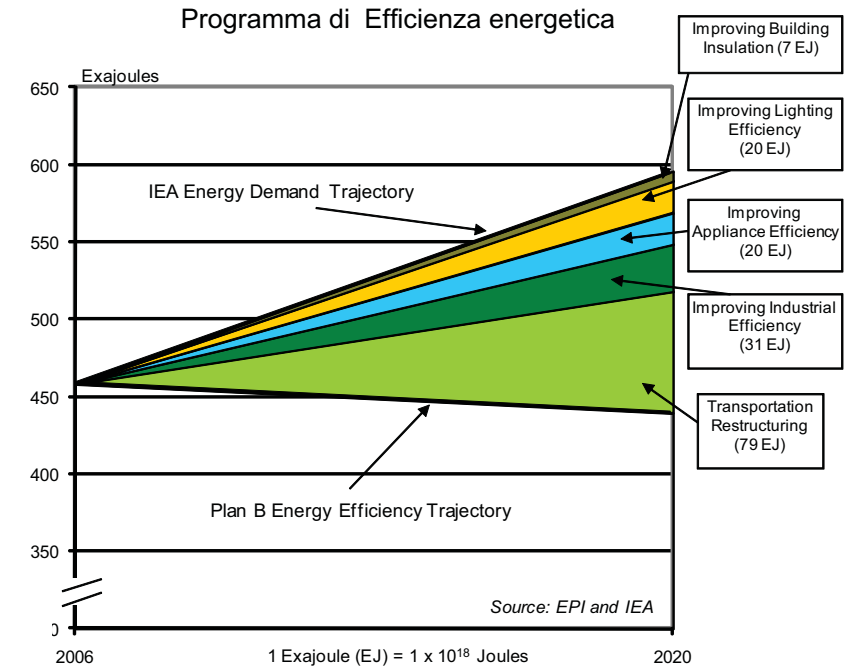
Emissions	Growth Rate, 2006-2015	Growth Rate, 2015-2020	CO <sub>2</sub> Emissions, 2006	CO <sub>2</sub> Emissions, 2008	CO <sub>2</sub> Emissions, 2020
	Percent		Million Tons Carbon		
<b>By Fuel:</b>					
Coal	3.1	1.6	3,185	3,387	4,555
Oil	1.3	0.9	2,937	3,013	3,454
Gas	2.0	1.5	1,484	1,545	1,918
<b>By Sector:</b>					
Power Generation	2.9	1.6	3,119	3,303	4,365
Coal	3.2	1.7	2,273	2,423	3,300
Oil	-0.4	-1.9	241	239	211
Gas	2.8	2.0	605	639	853
Total Final Consumption	1.7	1.1	4,123	4,267	5,090
Coal	2.7	1.1	855	902	1,150
Oil	1.5	1.2	2,515	2,588	3,033
of which transport	1.7	1.3	1,708	1,767	2,126
of which marine bunkers	1.0	1.0	159	162	181
of which international aviation	2.2	1.8	108	113	145
Gas	1.4	1.2	754	775	907
<b>Other Energy Sector</b>			<b>364</b>	<b>379</b>	<b>472</b>
<b>Total CO<sub>2</sub> Emissions</b>	<b>2.2</b>	<b>1.4</b>	<b>7,606</b>	<b>7,949</b>	<b>9,927</b>

[15] Immagine consumo energetico mondiale / Source: Calculated by Earth Policy Institute from International Energy Agency, World

[16] Immagine consumo energetico mondiale / Source: Calculated by Earth Policy Institute from International Energy Agency (IEA), World

[17] Immagine consumo energetico mondiale / Source: Compiled by Earth Policy Institute, with wind electricity from Global Wind Energy

“Notes: Power Generation refers to fuel use in electricity plants, heat plants, and combined heat and power, including both public plants and small plants that produce fuel for their own use. Total Final Consumption includes industry (e.g. construction, mining, manufacturing, and petrochemical feedstocks), transport, agriculture, residential, and non-energy use. Other Energy Sector includes transformation and transmission losses.



Source	Installed Capacity 2008 <sup>(1)</sup>	Installed Capacity 2020	Electricity and Heat Generation 2008	Electricity and Heat Generation 2020
<b>Electricity Generating Capacity</b>	<b>Electrical Gigawatts</b>		<b>Petajoules</b>	
Wind	121	3,000	1,371	34,059
Rooftop Solar Electric Systems <sup>(2)</sup>	13	1,400	92	9,934
Solar Electric Power Plants <sup>(2)</sup>	2	100	12	710
Solar Thermal Power Plants	0	200	3	1,539
Geothermal	10	200	298	5,676
Biomass	52	200	1,312	5,046
Hydropower	<b>945</b>	<b>1,350</b>	<b>13,172</b>	<b>18,818</b>
<b>Total</b>	<b>1,143</b>	<b>6,450</b>	<b>16,261</b>	<b>75,781</b>

“Notes: (1) Columns may not add to totals due to rounding; (2) Total PV installed capacity in 2008 estimated at 14.73 GW with the vast majority in rooftop installations.”

World Energy Consumption in 2008 and Plan B Goals for 2020		
Source	2008	Goal for 2020 *
Petajoules		
Electricity and Heat from Fossil Fuels and Nuclear	70,600	14,600
Electricity from Renewable Sources	16,300	75,800
Thermal Energy from Renewable Sources	10,000	30,800
Transportation	93,000	26,200

“Notes: (1) Columns may not add to totals due to rounding; (2) Transportation energy consumption in 2020 is lower than in 2008 because, due to efficiency gains, an electrified transport system requires far less energy than a fossil-fuel-based one. 1 petajoule is equal to 1 billion megajoules.”

World Energy Consumption in 2008 and Plan B Goals for 2020 dettagliato		
Source	2008 <sup>(1)</sup>	Goal for 2020
<u>Transportation Fuel Consumption <sup>(2)</sup></u>		
Oil	91,155	22,789
Fuel Ethanol	1,400	2,396
Biodiesel	490	1,045
Total	93,045	26,230

World Energy Growth Rates by Source, 2000-2008		
Energy Source	Average Annual Growth Rate	Compound Annual Growth Rate
	Percent	Percent
Wind Power	27.5	27.4
Solar Photovoltaics	33.0	33.9
Geothermal Power *	3.4	3.1
Geothermal Heat	18.9	16.1
Hydroelectric	2.2	2.3
Oil	1.3	1.3
Natural Gas	3.0	2.8
Nuclear Power	0.9	0.7
Coal	4.4	4.4
Biodiesel	41.2	43.8
Fuel Ethanol	15.7	18.5

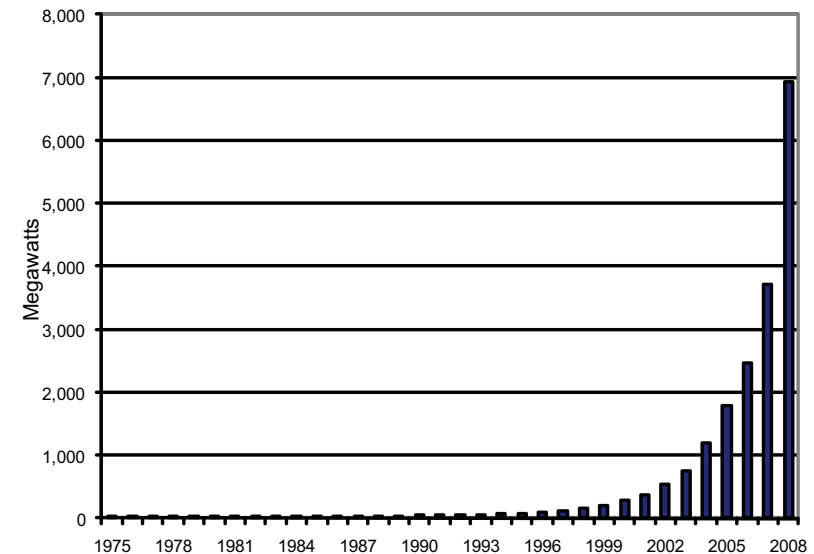
“Note: Due to lack of 2008 data, growth rates for geothermal power are for 2000-2009.”

[18] e [19] Immagine fonti rinnovabili / Source: Calculated by Earth Policy Institute from Table 5-1 using capacity factors from U.S. Department of Energy, National Renewable Energy Laboratory, Power Technologies Energy Data Book, (Golden, CO: August 2006), p. 201

[20] Immagine fonti rinnovabili / Source: Compiled by Earth Policy Institute with wind power from Global Wind Energy Council, Global Wind 2008 Report (Brussels: 2009); solar photovoltaics from European Photovoltaic Industry Association, Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2013 (Brussels: April 2009), pp. 3-42009), p. 10

[21] Immagine fonti rinnovabili / Source: Compiled by Earth Policy Institute with 1975-1979 data from Worldwatch Institute, Signposts 2004, CD-ROM (Washington, DC: 2004); 1980-2000 from Worldwatch Institute, Vital Signs

World Annual Solar Photovoltaics Production, 1975-2008



Source: Worldwatch; Prometheus Institute and Greentech Media

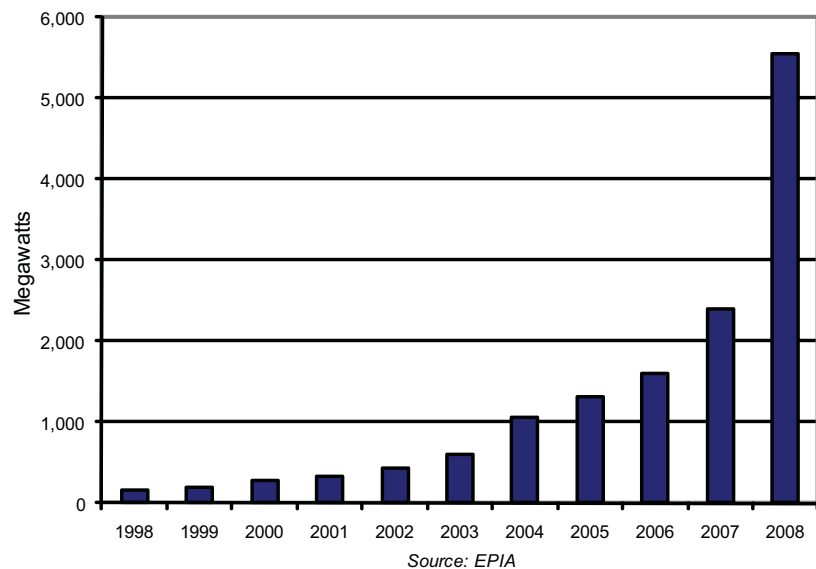
Annual Solar Photovoltaics Production by Country, 1995-2008									
Year	United States	Japan	Germany	Total Europe	China	Taiwan	India	Others	Total
Megawatts									
1995	35	16	n.a.	20	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	78
1996	39	21	n.a.	19	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	89
1997	51	35	n.a.	30	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	126
1998	54	49	n.a.	34	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	155
1999	61	80	n.a.	40	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	201
2000	75	129	23	50	3	n.a.	10	10	277
2001	100	171	24	74	3	4	13	7	371
2002	121	251	55	123	10	8	19	11	542
2003	103	364	122	201	13	17	23	29	749
2004	139	602	193	312	40	39	29	38	1,199
2005	153	833	339	473	128	88	32	75	1,782
2006	178	926	469	673	342	170	38	132	2,459
2007	271	924	780	1,069	838	377	41	195	3,715
2008	412	1,224	1,331	1,907	1,848	854	157	539	6,941

Source: Compiled by Earth Policy Institute with 1995-1999 data from Worldwatch Institute, Signposts 2004, CD-ROM (Washington, DC: 2005); 2000 data from Prometheus Institute, "23rd Annual Data Collection - Final," PVNews, vol. 26, no. 4 (April 2007), pp. 8-9

World Solar Photovoltaics Installations, 1998-2008		
Year	Annual Installations	Cumulative Installations
	Megawatts	
1998	155	962
1999	197	1,166
2000	278	1,428
2001	334	1,762
2002	439	2,201
2003	594	2,795
2004	1,052	3,847
2005	1,321	5,167
2006	1,603	6,770
2007	2,392	9,162
2008	5,559	14,730

This is part of a supporting dataset for Lester R. Brown, Plan B 4.0: Mobilizing to Save Civilization (New York: W.W. Norton & Company, 2009). For more information and a free download of the book, see Earth Policy Institute on-line at [www.earthpolicy.org](http://www.earthpolicy.org).

World Annual Solar Photovoltaics Installations, 1998-2008



Annual Installed Solar Photovoltaics Capacity in Selected Countries and the World, 1998-2008							
Year	Japan	U.S.	Spain	Germany	Other Europe	Rest of World	World
	----- Megawatts -----						
1998	69	n.a.	0	10	8	68	155
1999	72	17	1	12	11	84	197
2000	112	22	n.a.	40	10	94	278
2001	135	29	2	78	16	75	334
2002	185	44	9	80	16	104	439
2003	223	63	10	150	50	98	594
2004	272	90	6	600	30	53	1,052
2005	290	114	26	850	30	12	1,321
2006	287	145	88	850	37	196	1,603
2007	210	207	560	1,100	108	207	2,392
2008	230	342	2,511	1,500	492	485	5,559

Cumulative Installed Solar Photovoltaics Capacity in Ten Leading Countries and the World, 2008

Country	Cumulative Installed Capacity (Megawatts)
Germany	5,308
Spain	3,223
Japan	2,149
United States	1,173
South Korea	352
Italy	350
China	145
India	90
France	87
Belgium	70
<b>World Total</b>	<b>14,730</b>

[25] Immagine installazioni FV per nazioni / Source: Compiled by Earth Policy Institute from European Photovoltaic Industry Association, Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2013 (Brussels: April 2009), pp. 7-13.

[22] e [23] Immagine installazioni FV per nazioni / Source: Compiled by Earth Policy Institute from European Photovoltaic Industry Association, Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2013 (Brussels: April 2009), pp. 3-4.

[24] Immagine installazioni FV per nazioni / Source: European Photovoltaic Industry Association, Global Market Outlook for Photovoltaics Until 2013 (Brussels: April 2009), p. 4.

## 3.2 Il Futuro del fotovoltaico

### 3.2.1 Rivoluzione dell'energia solare

L'energia solare è gratuita, pulita e inesauribile, basti pensare che in un anno il sole irradia verso la terra 4000 volte più energia di quella consumata dall'intera popolazione mondiale.

È possibile risparmiare e salvaguardare l'ambiente imparando a sfruttare questa energia. La tecnologia fotovoltaica permette di trasformare la radiazione solare in energia elettrica direttamente utilizzabile dall'utente. Questa trasformazione avviene all'interno della cosiddetta cella fotovoltaica costituita di materiale semiconduttore opportunamente trattato: il silicio, che converte l'energia della radiazione solare in corrente continua senza bisogno di parti meccaniche in movimento. Più celle assemblate formano il modulo fotovoltaico.

Un'impianto o sistema fotovoltaico è costituito da:

- Moduli fotovoltaici
- Quadro di campo + MONITORAGGIO (opzionale)
- Inverter
- Contatore di produzione
- Quadro elettrico + MONITORAGGIO (opzionale)
- Utenze

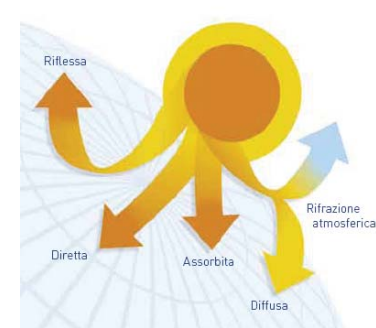
La radiazione solare

Il sole è una stella costituita da una massa incandescente caratterizzata da continue fusioni nucleari che emettono energia elettromagnetica detta RADIAZIONE SOLARE, questa si distingue in:

- Radiazione diretta - colpisce una qualsiasi superficie con un unico angolo di incidenza.
- Radiazione diffusa - incide sulla superficie con vari angoli.
- Radiazione riflessa - radiazione indiretta riflessa dalle superfici circostanti (ALBEDO).

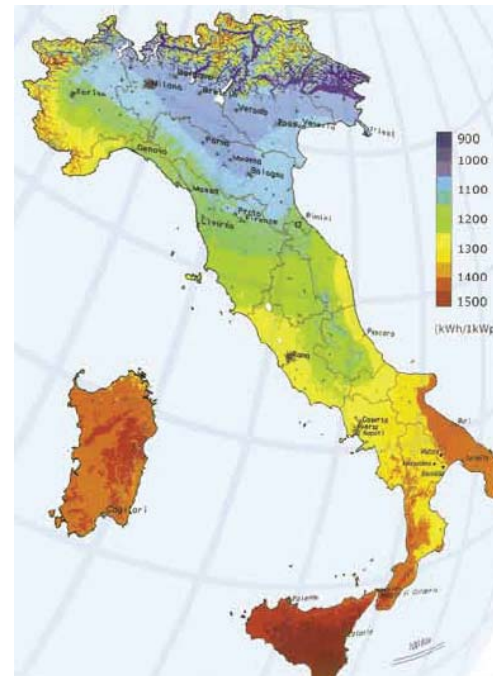
I valori di radiazione diretta, diffusa e riflessa su una superficie variano in base a diversi fattori:

- Condizioni meteorologiche.
- Inclinazione della superficie stessa rispetto al piano orizzontale (angolo di tilt).
- Orientamento rispetto al sud terrestre (angolo di azimut).
- Presenza di superfici riflettenti circostanti.



### Irraggiamento solare in Italia

La posizione del sole varia durante il giorno e durante le stagioni, quindi varia anche l'angolo con il quale i raggi solari colpiscono la superficie. Considerando l'orientamento ottimale (0° SUD) una superficie orizzontale riceve una maggior quantità di radiazioni in estate quando il sole è alto, mentre nelle giornate invernali un piano verticale ne riceve 1,5 volte in più rispetto ad altre inclinazioni, sfruttando al meglio la radiazione diffusa. Per ottenere il grado di inclinazione ottimale occorre considerare la latitudine del sito di installazione, nella nostra zona è stato calcolato pari a 30-35°.



[26] Mappa irraggiamento solare italia



### 3.2.4 Celle solari a film sottile

Questo tipo di moduli dallo spessore di qualche millimetro, sono composti da strati di materiale semiconduttore in cui non sempre è presente il silicio e depositati generalmente come miscela di gas su supporti a basso costo (vetro, polimeri, alluminio) che danno consistenza fisica alla miscela.

Di questa categoria fanno parte:

•**Silicio amorfo tradizionale**(a-Si) , uno dei più commercializzati, in cui gli atomi silicei vengono depositi chimicamente in forma amorfa, ovvero strutturalmente disorganizzata, sulla superficie di sostegno.

Questa tecnologia impiega quantità molto esigue di silicio , non presentando i classici problemi di fragilità o di esposizione dei moduli cristallini, sono inoltre calpestabili , flessibili e dai costi contenuti. Unica pecca della tecnologia sono le efficienze che si aggirano intorno al 6-7%, con qualche eccezione tecnologica al 9% e la stabilità nel tempo rispetto ai policristallini e ai monocristallini.

•**Silicio amorfo** (a-Si):H TANDEM & TRIPLE JUNCTION

Derivata dalla tecnologia precedente (a-Si:H tradizionale) questa tecnologia innovativa permette un maggior rendimento di funzionamento, il quale in alcuni casi arriva al 12% (triple junction).

In pratica vengono aggiunte ulteriori giunzioni , trattate in maniera differente, le quali hanno risposte diverse allo spettro della luce, aumentando quindi la banda di funzionamento nello spettro solare.

Ad esempio: un modulo fv costruito con questo tipo di tecnologia, paragonata al silicio cristallino C-Si, anche se di minor efficienza, a parità di potenza riesce a produrre in base annua un 20% in più di energia perché ha una migliore risposta alla radiazione solare diffusa.

La tecnologia Triple Junction Unisolar ad esempio, permette di costruire moduli fotovoltaici di tipo flessibile per svariati usi e inoltre permette di incollare le varie celle su substrati in acciaio (tetti in lamiera) e di altro materiale (guaina in PVC , etc.). La tecnologia Unisolar tra l'altro è l'unica a dare 20 anni di garanzia nel settore FILM SOTTILE.

•**Telloruro di cadmio** (CdTe) , in via di commercializzazione , questo materiale semiconduttore, permette di realizzare moduli fotovoltaici con peculiarità del tutto simili a quelle realizzate con il costoso arseniuro di gallio.

Le caratteristiche meccaniche sono ottime , con appena uno strato attivo di 5 micron si riescono a costruire celle con rendimenti superiori al 15%. Rimane tuttavia ancora non del tutto soddisfacente la produzione su larga scala ed il rendimento globale del modulo.

•**Solfuro di cadmio** (CdS) microcristallino, che presenta costi di produzione molto bassi in quanto la tecnologia impiegata per la sua produzione non richiede il raggiungimento delle temperature elevatissime necessarie invece alla fusione e purificazione del silicio.

Esso viene applicato ad un supporto metallico per spray-coating, cioè viene letteralmente spruzzato come una vernice. Tra gli svantaggi legati alla produzione di questo genere di celle fotovoltaiche vi è la tossicità del cadmio ed il basso rendimento del dispositivo.

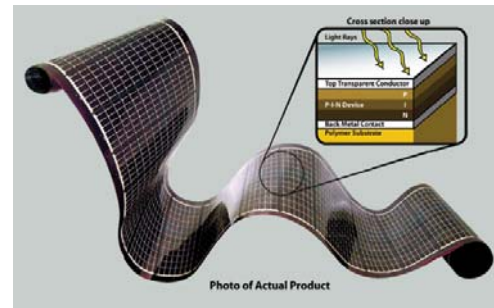
•**Arseniuro di gallio** (GaAs), una lega binaria con proprietà semiconduttive, in grado di assicurare rendimenti elevatissimi, anche del 40%, dovuti alla proprietà di avere un gap diretto (a differenza del silicio).

Viene impiegata soprattutto per applicazioni militari, spaziali o scientifiche avanzate (come missioni automatizzate di esplorazione planetaria o fotorivelatori particolarmente sensibili). Tuttavia il costo proibitivo del materiale monocristallino, a partire dal quale sono realizzate le celle, lo ha destinato ad un impiego di nicchia.

•**Rame indio selenio** (CIS) e il CIGS (rame indio gallio selenio), Dal punto di vista economico queste celle sono tra le più promettenti, in quanto utilizzano substrati a basso costo e processi altamente automatizzabili , con rendimenti vicini al 12% .

Se pur anche la stabilità delle prestazioni in esterno sia maggiore dei moduli in silicio amorfo, questa recente tecnologia non permette ancora di avere un grado di uniformità adeguato nella produzione in serie.

Sebbene i costi di produzione caratteristici di queste tecnologie non siano ancora tali da renderle decisamente vantaggiose per l'utente finale rispetto alle fonti energetiche tradizionali, restano ancora ampi margini di ottimizzazione dei processi industriali che evidenziano prospettive promettenti.



[57] La struttura interna di un modulo FV flessibile quando assorbe i raggi solari

## Varianti e novità

•**Eterogiunzione (HIT)**, è una giunzione tra sostanze diverse, in cui viene impiegato uno strato di silicio cristallino come superficie di sostegno di uno o più strati amorfi o cristallini, ognuno dei quali ottimizzato per una specifica sotto-banda di radiazioni.

La tecnologia HIT (with Intrinsic Thin layer) ad esempio ,delle celle fotovoltaiche SANYO è basata su un sottile wafer di silicio monocristallino circondato da un film di silicio amorfo ultrasottile.

Questa tipologia di prodotto è caratterizzata da elevati rendimenti 17,2% ,(19,2% della cella) e richiede una avanzata tecnologia di realizzazione.

•**Silicio microsferico**, in cui si impiega silicio policristallino ridotto in sfere del diametro di circa 0,75 mm ingabbiato in un substrato di alluminio mediamente flessibile.

•**Le Celle solari di Terza e Quarta generazione**, saranno completamente diverse dalle attuali soluzioni e tralasceranno il concetto di giunzione p-n.I dispositivi di terza generazione includeranno le celle fotoelettrochimiche, le polymer cell e le nanocrystal solar cells. La quarta includerà una particolare tecnologia composita in grado di

Maggiori produttori mondiali di moduli fotovoltaici a film sottile (Celle FV a film sottile rappresentano il 16,8% del mercato globale di produzione)

-Dati del 2009-

- \* 1100.0 MW First Solar
- \* 123.4 MW United Solar Ovonic
- \* 94.0 MW Sharp
- \* 60.0 MW Sunfilm1
- \* 50.0 MW Trony
- \* 43.0 MW Solar Frontier
- \* 42.0 MW Mitsubishi
- \* 40.0 MW Kaneka
- \* 40.0 MW Moser Baer
- \* 30.0 MW Würth Solar
- \* 30.0 MW Bosch (formerly Ersol)
- \* 30.0 MW EPV
- \* 30.0 MW Solyndra

## Tecnologia “thin film” e pannelli CIS

E' opportuno aprire una parentesi per chiarire meglio la tecnologia di produzione dei pannelli CIS.

Il minor costo di produzione di un pannello CIS è dovuto sia all'utilizzo di materiali meno costosi del Silicio, sia ad una tecnologia di produzione più economica, e questo genera il vantaggio di un costo inferiore del prodotto finito.

Il materiale viene depositato secondo la tecnologia Thin Film (= Film sottile), cioè uno strato di pochi micron di materiale fotovoltaico contro i 250-350 micron delle celle al Silicio cristallino.

In caso di irraggiamento solare ottimale il silicio cristallino è, tra i pannelli oggi in produzione industriale, il materiale con la maggior resa fotovoltaica specifica (cioè il materiale che produce il maggior numero di Watt x m2).

Quando però l'irraggiamento non è ottimale, ad es. in caso di ombreggiamento parziale, un pannello in silicio cristallino ha un brusco calo di produzione, in quanto la minor efficienza di una cella si ripercuote su tutte le celle ad essa connesse.

Il "silicio amorfo" in parte risolve quest'aspetto, ma ha un'efficienza molto più bassa del silicio cristallino (7-8% contro 14-18% dei pannelli al silicio cristallino) e quindi richiede una superficie di pannelli molto più elevata (c.a. il doppio)

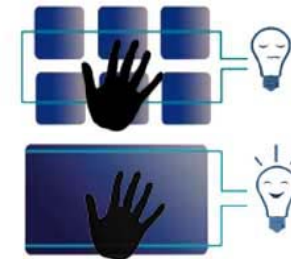
I moduli fotovoltaici CIS di ultima generazione hanno invece un'efficienza che può arrivare al 12-13%, paragonabile a quella del silicio policristallino (14%), e subiscono un minor calo di produttività in caso di ombreggiamento parziale: in ultima analisi si ottiene pertanto una maggior quantità di energia media prodotta, a parità di potenza.

Inoltre, grazie alla particolare configurazione del materiale, la tecnologia Thin Film consente di ottenere pannelli CIS flessibili.

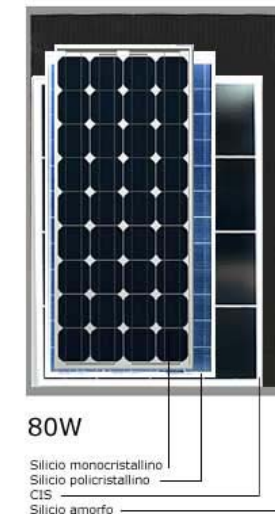
Per quanto riguarda le prestazioni nel tempo, il decremento di produzione negli anni di un modulo CIS è analogo a quello di un modulo cristallino, e cioè dopo 20 anni produce l'80% della potenza nominale.



[58] Strati del pannello solare in silicio semicristallino



[59] Indicazioni d'uso

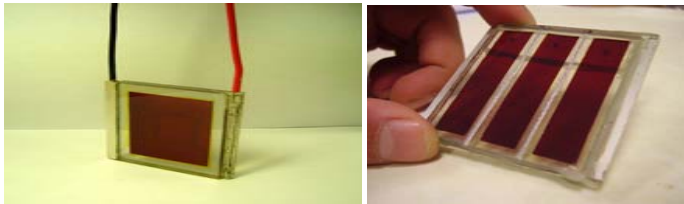


[60] Varietà di pannelli FV

### 3.2.5 Celle solari polimeriche

#### Celle solari organiche

Il campo delle celle solari organiche comprende tutti quei dispositivi la cui parte fotoattiva è basata sui composti organici del carbonio. La struttura base di una cella organica è semplice: essa è detta "a sandwich" ed è composta da un substrato, generalmente vetro ma anche plastica flessibile, e da una o più sottilissime pellicole, che contengono i materiali fotoattivi, frapposte tra due elettrodi conduttivi (vedere figura di sotto).



[61] Esempio di cella fotovoltaica organica (a sinistra) e modulo (a destra)

Le celle dye sensitized attualmente più vicine ad una maturazione tecnologica, e quindi ad uno sfruttamento commerciale per applicazione su larghe aree, sono quelle in cui il pigmento è stato sintetizzato attraverso i processi della chimica organica, anche dopo complessi studi di simulazione teorica, con lo scopo di aumentarne il più possibile la fotostabilità e l'assorbimento totale dello spettro solare. Efficienze massime del 10%-12% e tempi di vita di vari anni, valori comunque in costante aumento, sono stati misurati in laboratorio per questo tipo di cella.

Le celle fotovoltaiche invece completamente polimeriche sono recentemente arrivate al 4%-5% di efficienza massima.

Vantaggi:

-Possibilità di sintetizzare sostanze organiche le cui proprietà consentono di modulare:

1. l'intervallo di assorbimento;
2. le proprietà di trasporto delle cariche;
3. l'auto-assemblamento attraverso le tecniche della nanochimica.

#### Celle solari a eterogiunzione

Il funzionamento è così come descritto in pagina precedente. E' una tecnologia ancora in fase di ricerca e sviluppo. Konarka Technologies, ad esempio, ha recentemente prodotto una cella solare in plastica di 1024m<sup>2</sup> con efficienza del 5,21%.

#### Celle in plastica a stampa

Le celle a eterogiunzione molecolare possono essere facilmente stampate utilizzando la tecnologia di stampa a getto di inchiostro, metodologia che sarà impiegata anche nella fase di produzione su vasta scala delle celle solari organiche. Come nel caso delle celle CIGS stampate, la tecnologia di stampa roll-to-roll dà la possibilità di una deposizione semplice e rapida dei film polimerici su substrati di elevata superficie.

Oggi, per la commercializzazione dei moduli in plastica, si è raggiunto una efficienza intorno al 3%.

#### Power plastic

Il trend di efficienza nei ultimi anni per le celle solari in plastica mostra che in generale le celle stanno raggiungendo efficienze di conversione superiori al 5%, cioè un quinto del 15% mediamente raggiunto dalle celle tradizionali al silicio. Le efficienze più elevate sono state osservate nelle eterogiunzioni nanostrutturate disordinate ma si aspettano ulteriori miglioramenti grazie alla ottimizzazione delle nanostrutture attualmente oggetto di intensi studi. Le efficienze più alte, intorno al 5%, sono state registrate in laboratorio con celle di 10cm<sup>2</sup>.



[62] La struttura della power plastic (riprodotta da Konarka)

Vantaggi:

- Poco costoso (5 volte meno del tradizionale solare);
- Leggero (50g/m<sup>2</sup>);
- Versatile (può essere colorato con disegni variegati e tagliato su misura);
- Flessibile (facilmente adattabile ad applicazioni in cui le superfici hanno forme particolari).



[63] Barca con motore ibrido (diesel-elettrico) co-alimentato da elettricità solare

L'immagine di sopra mostra un'applicazione riguarda alle vele nautiche solari, con un analogo mercato potenziale. Una volta integrate nei tessuti di vela, infatti, le celle solari polimeriche forniranno energia non solo agli strumenti di bordo e alle batterie ma direttamente ai motori ibridi o elettrici.

### 3.2.6 Celle solari a colorante

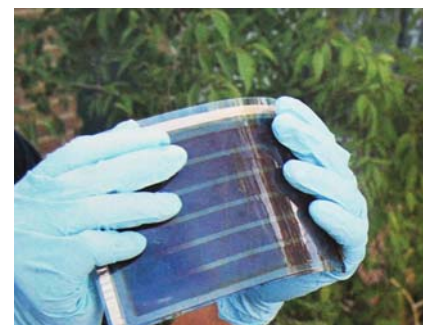
Sulla base del processo della fotosintesi presente in natura, sin dagli anni 70 furono sperimentati numerosi tentativi di creazione di celle solari fotoelettrochimiche basate sugli stessi principi, utilizzando in taluni casi persino la clorofilla ponendola come copertura del biossido di titanio. Questi tentativi non fecero raggiungere negli esperimenti di laboratorio un'efficienza superiore allo 0,01% a causa dell'affinità degli elettroni per la clorofilla stessa. Successivamente, nel 1991 in Svizzera, furono testate alcune nuove tecniche basate sulle nanotecnologie che furono in grado di risolvere questo problema. Gli scienziati svizzeri sostituirono il singolo cristallo di biossido di titanio (titania) come semiconduttore con una rete di nano particelle aventi ognuna delle quali un diametro non superiore ai 20 nm ricoperto a sua volta esternamente con un sottile strato di pigmento. Questo sviluppo comportò un aumento esponenziale dell'area effettivamente capace di captare la luce, la quale, veniva convertita in corrente elettrica con efficienza prossima al 7%.

Oggi, le celle a colorante hanno raggiunto un'efficienza prossima all'11%. Principalmente le tecnologie attuali si basano su versatili sistemi ibridi (organica e inorganica) a film sottile. In sintesi queste nuove celle hanno come caratteristiche comuni con le celle solari plastiche il peso ridotto, la flessibilità e il minor costo finale. Presentano altresì un buon funzionamento in un ampio intervallo di condizioni di illuminazione e di orientamento alla luce solare e sono molto meno sensibili agli ombreggiamenti parziali. Confrontandole con le altre tecnologie fotovoltaiche, quelle basate su celle fotoelettrochimiche DSC, consentirebbero ad architetti ed ingegneri una maggiore versatilità d'applicazione specialmente nel settore dell'edilizia in tutte quelle applicazioni finalizzate all'integrazioni architettoniche multifunzionali. In sintesi la tecnologia DSC consentirà una effettiva possibilità di personalizzazione dell'applicazione dei sistemi ad energia solare. Infatti i moduli DSC garantirebbero, per mezzo della loro produzione nelle più svariate forme, colori e dimensione, una naturale adattabilità ad ogni specifica esigenza di integrazione negli edifici tutelandone il contesto locale e paesaggistico.

Da non trascurare anche la loro capacità di fungere anche come isolante termico ed acustico capace di proteggere gli edifici dagli agenti atmosferici. L'estrema versatilità, l'efficienza ed il costo contenuto della tecnologia DSC ha fatto sì che nel solo 2005 siano state depositati oltre 300 brevetti; ciò, ne fa prevedere per i prossimi anni un rapido sviluppo commerciale. Diversamente dai sistemi fotovoltaici tradizionali, dove il semiconduttore ha la duplice funzione di catalizzatore di luce è portatore di carica, nella cella DSC il colorante funge da spugna per la luce e in un secondo momento, un film mesoporoso di titania adempie alla missione di canalizzatore della carica attraverso la banda elettronica di conduzione, permettendo in tal modo agli elettroni idonei di giungere all'elettrodo che ricopre la funzione di collettore di carica.



[64] Un'immagine delle celle solari a colorante sviluppato in ambito di laboratorio



[65] Un modulo solare flessibile basato su celle DSC depositate su un substrato polimerico (foto della Peccell Technologies)

Parametro	Stato presente (2007)	Obiettivi futuri (2015)
Efficienza del dispositivo (su scala di laboratorio)	11%	16%
Degradazione della cella (in esperimenti di laboratorio)	< 5% dopo stress a 80°C per 1.000 h al buio o dopo irradiazione per 1.000 h a 1 sole a 60°C	< 5% dopo stress a 85°C per 3.000 h al buio o dopo irradiazione per 3.000 h a 1 sole a 60°C
Efficienza di modulo	5-7%	10%
Degradazione del modulo in condizioni reali da esterno	< 15% in 4 anni	< 15% in 10 anni
Identificazione dei meccanismi chiave di degradazione	Poco chiari e dibattito scientifico controverso	I principali meccanismi saranno identificati

[66] In tabella è presente lo stato attuale e prospettive future delle celle solari a colorante e titania



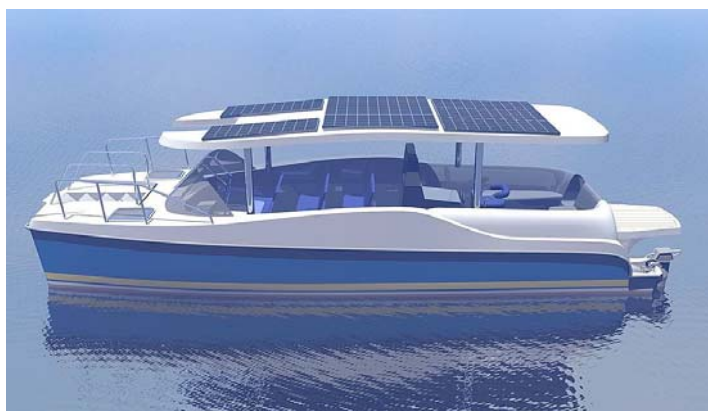
[67] SVILUPPO TECNOLOGICO: Si è inventato un materiale plastico che usa le nanotecnologie per fare celle solari in grado di trasformare la potenza del sole in energia elettrica, anche in un giorno nuvoloso. Il nuovo materiale composto di plastica ed è costituito dalla combinazione tra i Quantum Dot con un polimero in grado di catturare l'energia nell'infrarosso. Progetto è in fase di sviluppo presso l'università di Toronto in Canada. Con un ulteriore passo in avanti, la nuova plastica potrebbe sfruttare fino al 30 per cento di irraggiamento solare.

### 3.3 Barche elettrosolari - applicazioni

#### Esempi sul mercato

Si è da poco svolta a Miami la fiera internazionale della barca ed un intero padiglione di quest'ultima è stato destinato a barche alimentate da motori ecocompatibili o ibridi.

Tra i modelli più interessanti in esposizione quello della Mercury Marine merita una citazione per la sua versatilità, infatti la barca è dotata sia di un motore diesel sia da due motori elettrici che possono essere utilizzati sia in combinazione che separatamente. I motori elettrici, da 100 cavalli, sono alimentati da una batteria a ioni di litio che può essere ricaricata sia a terra sia tramite i pannelli solari che coprono il tetto dell'imbarcazione.



[68] Un progetto di barca ad energia solare per i laghi, aree marine protette studiata per la diffusione del turismo sostenibile.

Energia solare personalizzata permette di poter adottare tanti tipi di soluzioni progettuali custom-made per realizzare progetti con gli obiettivi di alimentare la intera propulsione di un motore marino con i pannelli solari a misura.



[69] Gommone con i pannelli solari installati tramite un telaio di acciaio INOX



[70] Barca ibrida mercury-marine

Si nota un aumento nella diffusione dell'uso dell'energia solare in campo delle imbarcazioni con i motori parzialmente o completamente alimentati con motori ibridi o solamente elettrici.

In questo campo ogni giorno nascono fuori idee e soluzioni studiate allo scopo di rendere questi progetti e realizzazioni sempre più economici, così, in modo da poter applicare le soluzioni sfruttando gli installazioni di moduli fotovoltaici annullando completamente le emissioni CO2 in accordo all'impatto ambientale ed alle norme vigenti sull'argomento.



[71] Barca alimentata dal tessuto con i moduli FV integrati.



Le barche elettrosolari vengono progettati con il principio di rendere autonomo al 100% il loro performance dal punto di vista energetico. I pannelli solari installati possono essere fissati in tanti modi dipendentemente dal progetto. Una batteria posizionata sull'imbarcazione permette di raccogliere il corrente continua proveniente dal pannello solare e lo trasmette al motore in corrente alternata. In tutti questi casi è sempre possibile arricchire il design ed il progetto intorno all'utente finale prevedendo l'uso della componentistica avanzata di monitoraggio, contatore allo schermo led, gps, regolatore di velocità del motore e tanti altri che vedremo nei capitoli successivi.



[72] Progetto di Solar powered loon  
 CARATTERISTICHE TECNICHE  
 Length (LOA): 22 feet  
 Width (beam): 7' 4"  
 Motor: 5.5 HP continuous rated (equal to 15 hp gas)  
 Battery: 48 Volt 8 X 12-volt AGM deep cycle, lead-acid  
 AC input: 115 or 220 volts AC  
 Grid charging: 6 hours (115 volts) or 4 hours (220 volts)  
 Capacity: 8 people  
 Material: Resin-Infused Fiberglass  
 Solar array: 1,000 watts (peak)  
 Daily range: 50+ miles  
 Top speed: 8 knots (9.5 mph)  
 Cruising speed: 6.5 knots (7.5 mph)



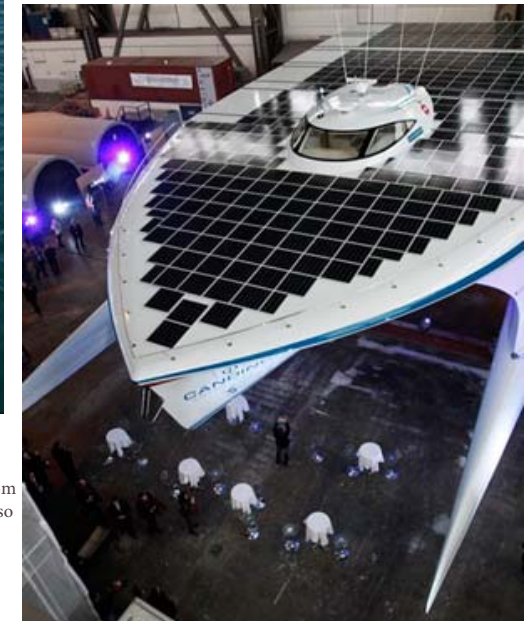
[73] Installazione e montaggio semplice di un pannello solare imbuccando la superficie in vetroresina di una barca.

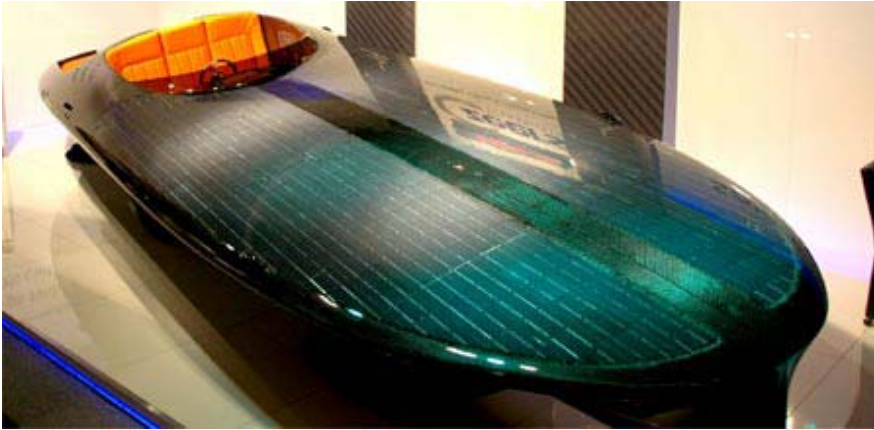


[74] Barca a pannelli solari al Si monocristallino

[76] La imbarcazione a carena a catamarano PlanetSolar (31m x 23m) più grande del mondo in base all'uso dei moduli fotovoltaici in fase di costruzione

[75] Pannello solare installato sul tubo d'acciaio sulla poppa di una





[77] Barca di gara alimentata ad energia solare con il motore elettrico



[78] Barca SOL 10 alimentata 100% ad energia solare



### Funzionamento generico

Analizziamo il progetto di una barca esistente “Scialamie I” per valutare l’efficienza dell’energia proveniente dai pannelli solari e poi per poter fare un confronto con il mio progetto in modo da consolidare alcune affermazioni.

La barca, spinta da un motore elettrico fuoribordo, sfrutta solo l’energia proveniente dai pannelli fotovoltaici posti al di sopra dello scafo e naviga in assoluto silenzio. L’energia solare (luminosa) è trasformata in energia elettrica dalle cellule fotovoltaiche.

L’energia elettrica è immagazzinata in una batteria. Alla batteria è collegato un motore elettrico che spinge la barca. Altri che vedremo nei capitoli successivi.

### Autonomia

L’autonomia dipende da vari fattori, la capacità delle batterie, l’insolazione e l’uso del motore.

Il motore elettrico consuma quasi la metà se si usa al 70% delle sua capacità nominale.

Le batterie forniscono meno energia se si scaricano velocemente.

I pannelli solari forniscono maggiore energia durante le ore centrali della giornata quando il sole è più alto. Durante queste ore alla velocità di circa 2 nodi e mezzo la barca elettro solare procede solo con l’energia elettrica prodotta dai pannelli solari ed ha un’autonomia virtualmente illimitata!

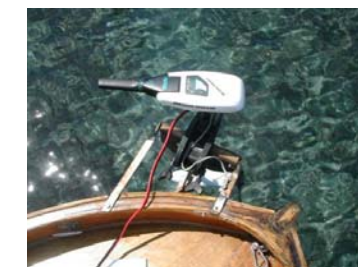
Tutti questi fattori vengono elaborati in tempo reale da un vero e proprio computer di bordo chiamato Battery Monitor.



[9] Barca a pannelli solari al Si monocristallino



[79] Scialamie I  
La prima barca elettro solare ormeggiata nel porto di Capraia Isola



[80] Un particolare del motore fuoribordo della prima barca solare

## Due casi di studio: Barche elettrosolari Scialamie I e SOL 10

### Componentistica

- Motore Entrobordo PMG 132 2,4 KW, 24 Volt, 1100 giri al minuto
- Tre pannelli fotovoltaici Kyocera KC125G per un totale di 375 Watt
- 4 Batterie semitrazione tubolari STRONG da 6 volt
- Regolatore Solare Xantrex C40
- Controller, display e carica batterie Bellmann Drive System

La nuova barca elettro solare ha una velocità massima di 6 nodi ed una autonomia di 8-10 ore con il sole.

La barca elettro solare esaminata ha una velocità massima di 6 nodi ed una autonomia di 8-10 ore con il sole.

La Barca elettro solare può accedere a tutte le acque dove è espressamente vietata la navigazione a

mezzi a combustione interna perchè non produce nessun inquinamento. In pratica è equiparabile ad una barca a vela.

### Scheda tecnica

- Categoria: Natante
- Scafo in vetroresina
- Coperta in legno

Lunghezza ft: 5 m  
Larghezza ft: 1,85 m  
Peso : 400 Kg  
Motorizzazione: PMG 132 2,4 KW, 24 V, 1100 giri al minuto

- Controller, display e carica batterie Bellmann Drive System
- Batterie : 270 Ah
- Pannelli solari : 375 W
- Velocità massima : 6 nodi
- Portata persone : 5
- Autonomia : 8-10 ore
- Dotazioni di bordo : Pompa autosvuotante, Remi, Ancora, Scaletta, Salvagenti, Parabordi



[81] La seconda versione della barca elettrosolare Scialamie I



[82] Un particolare del quadro di controllo della barca elettro solare



[83] Il Joystick con in quale si controlla la velocità del motore

### Scheda tecnica

Dimensioni:  
Length approx. 4,05 m  
Widht approx. 1,90 m  
Height approx. 1,60 m  
Speed approx. 5 km/h  
Range approx. 6 - 8 h  
ELECTRICAL SYSTEM  
Motor power 550 W  
Voltage 12 V  
Battery capacity 400 Ah, Lead-Gel  
Battery charger 12 V, 32 A  
Charging time (current) approx. 8 - 10 h  
State of charge Voltage indicator  
LOADING  
Unloaden weight approx. 430 kg  
Passengers 4, max. 350 kg  
Draught (unloaden) approx. 0,3 m  
Draught (loaden) approx. 0,4 m

### Componentistica

#### HULL

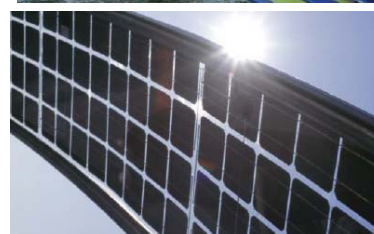
- Unsinkable, foamed hull
- Hull made of GRP, standard color white
- 2 seats at the bow
- Big sunbed at stern
- Stable skirting board
- Lockable box

#### TECHNIC

- Solar panel, power approx. 210 Wp
- 4 Batteries, each 6 V, capacity each 200 Ah
- 550 W outboard-motor, 12 V
- Solar charger
- Battery charger for charging the batteries over the public grid

#### DECK FITTINGS

- Welded stainless steel mounting device for the solar panel
- Stainless steel belaying cleat
- Stainless steel strap
- Stainless steel eye at stern





### 3.4 Applicazione adatta nel contesto progettuale

Ripartiamo dalla considerazione che una cella solare può essere nello stesso tempo un generatore elettrico di corrente ma questa spiegazione non è sufficiente. Ritorniamo dinuovo alla descrizione e fattori critici di una cella solare che sarà il punto più importante del nostro progetto.

Il funzionamento di una cella solare è ben modellizzato dall'equazione del diodo ideale di Shockley. Partendo dal circuito equivalente mostrato di fianco si ha che la corrente che scorre sul carico vale:

La pratica comune di classificare i prodotti in commercio in 12, 18 o 24 V non deriva dalla tensione al suo punto di massima efficienza, ma dalla possibilità di collegarvi una batteria ricaricabile con analoga tensione nominale.



#### Solar Pontoon Boat Project

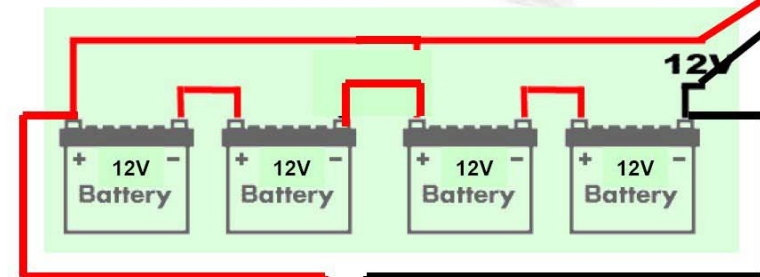
48V system (4) 12V Deep Cell Batteries connected in series.



#### Briggs & Stratton Electric Motor



[85] completo di accessori per il funzionamento del sistema



#### Xantrax C40 40 Amp Controller

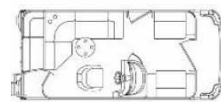


#### General Specifications

Manufacturer: Solar Cynergy  
 Cells: with Q-Cells  
 Model Name: PV-SC110J66  
 Number of Cells: 90 cells in series  
 Max Power: 110W  
 Open Circuit Voltage (Voc): 86.5V  
 Short Circuit Current (Isc): 1.97A  
 Maximum Power Voltage (Vmp): 66V  
 Maximum Power Current (Imp): 1.67A  
 Weight: 25 pounds  
 Dimensions (inches): 49.2 x 26.4 x 1.57

#### GENERAL SPECIFICATIONS

Motor ..... Etek™ D.C.  
 Weight ..... 27.2 kg (60 lbs.)  
 Nominal Input Voltage ..... 48 VDC  
 RPM Range ..... 0 - 3400  
 Power Rating ..... 3 hp  
 Maximum Thrust ..... 150 lbs  
 Cooling ..... Air  
 Motor Control ..... Forward/Reverse  
 Power Connection ..... Anderson® 120 amp  
 Trim Positions ..... 5  
 Gear Ratio ..... 1.57/1  
 Propeller Diameter ..... 7.8 in.  
 Propeller Pitch ..... 7.8 in.



2005 1850 GL Bennington



[86] Sol 10 in fase di costruzione

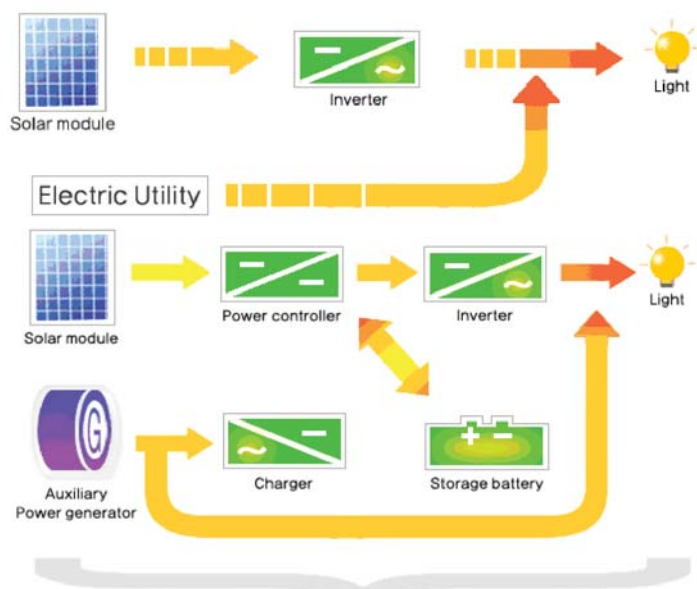
[84] A Yanmar 2GM20 marine diesel engine, installed in a sailboat.

## Il modulo fotovoltaico

Il modulo fotovoltaico è un generatore di corrente continua composto da una serie di celle fotovoltaiche. La cella fotovoltaica è costituita da una sottilissima lamina di materiale semiconduttore caricata positivamente su un lato e negativamente sull'altro, al suo interno, quando colpita dai fotoni della radiazione solare, viene generato un flusso di elettroni corrispondenti a corrente elettrica. Il parametro usato per indicare le qualità delle prestazioni di una cella Fotovoltaica è l'EFFICIENZA o RENDIMENTO che varia in base al materiale di cui è composta. Tale parametro indica la quantità di energia solare che viene convertita in energia elettrica; sul rendimento incidono però fattori esterni come ad esempio la temperatura. Il materiale oggi maggiormente impiegato per la costruzione di celle fotovoltaiche è il silicio che rappresenta circa il 90% dell'intero mercato dell'industria fotovoltaica, questo può essere di tipo monocristallino, policristallino o amorfo.

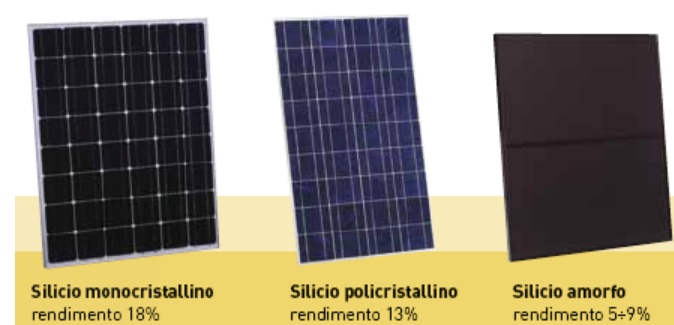
## Inverter

L'inverter è l'apparato elettronico in grado di convertire la corrente continua prodotta dal generatore fotovoltaico in corrente alternata utilizzabile dalle utenze.



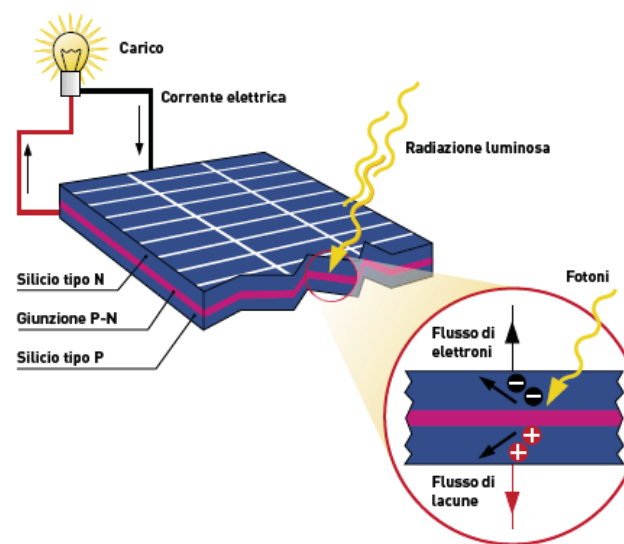
[27] La schema di funzionamento di un modulo FV costituito da celle FV e la conversione dell'energia solare in energia elettrica

I moduli FV (composti da celle FV) posti nei sistemi fotovoltaici in rapporto alla corrente in uscita variano da 5 fino a 400 W circa. In alcuni casi vengono inseriti nel sistema gli apparecchi elettrici in grado di ridimensionare la corrente prodotta in eccessivo per poi intergarla nuovamente nel sistema per ricaricare le batterie in un secondo atto di tempo. Essi sono dispositivi di contabilizzazione sia dell'energia prodotta (cumulata) sia le ore totali di funzionamento. Questi dispositivi sono il più delle volte contenuti nell'inverter stesso.



Valori indicativi dell'efficienza di conversione (rendimento) delle diverse tipologie di silicio.

Le celle vengono racchiuse all'interno di una lastra di vetro temperato collaudato con le stesse modalità dei parabrezza delle auto, e incorniciate da un telaio in alluminio creando il modulo fotovoltaico. Il silicio amorfo viene spruzzato su una piastra di vetro o altro supporto creando moduli o thin film (film sottile). Il valore di potenza del modulo fotovoltaico è espresso in Watt di picco ( $W_p$ ), la potenza di picco è la potenza massima prodotta dal dispositivo fotovoltaico in condizioni standard di funzionamento (irraggiamento  $1000 \text{ W/m}^2$  e temperatura  $25^\circ\text{C}$ ). Più moduli collegati in serie formano una "stringa fotovoltaica", più stringhe collegate in parallelo formano il "generatore fotovoltaico" la cui potenza di picco è data dalla somma delle potenze dei singoli moduli.



[28] Gli strati di una cella solare e la sua struttura interna

## Innovazione del fotovoltaico

Oggi è possibile osservare tetti di capannoni ricoperti da una guaina flessibile e facile da installare, isolante ma che fornisce preziosa energia elettrica; eleganti moduli semitrasparenti applicati in siti archeologici così da renderli autosufficienti; vetri che, invece di dissipare la luce incidente come calore, lo trasformano in energia elettrica; intere centrali fotovoltaiche “al film sottile” che generano introiti per milioni di euro ogni anno. Le tecnologie FV applicate si diffondono rapidamente in Italia a seguito dell'entrata in vigore degli incentivi per la produzione di elettricità solare e dell'innalzamento dei prezzi dell'energia elettrica.

Tre anni di prezzi del petrolio e del gas naturale su livelli storici sono stati sufficienti per assistere all'introduzione di una serie di nuove tecnologie rimaste dormienti nei cassetti dei laboratori accademici e industriali per oltre un ventennio.

E così l'industria globale del fotovoltaico da 12 miliardi di dollari che da cinque anni cresce al tasso del 40% sta rapidamente passando alle tecnologie a “film sottile”. uno sviluppo paradossalmente previsto dallo stesso inventore della cella solare al silicio già nel lontano 1955.

In breve, si tratta della prima grande evoluzione tecnologica nel settore fotovoltaico verso dispositivi (moduli) solari capaci di produrre elettricità a un costo paragonabile a quello dell'elettricità ottenuta bruciando il carbone, che è insieme la fonte energetica più inquinante e quella più economica fra quelle fossili.

In perfetto contrasto, attualmente per soddisfare i nostri bisogni energetici dipendiamo ancora da tecnologie inventate 100 o 150 anni fa, mentre nello stesso tempo tutti gli altri settori dell'industria si sono letteralmente reinventati.

### Celle solari flessibili

I dispositivi elettronici flessibili invaderanno il mercato globale in tempi molto brevi, ad iniziare dai display flessibili basati sulla tecnologia degli OLEDs (*organic light-emitting diodes*), che dalla fine del 2008 vengono prodotti in Germania con una capacità iniziale di più di un milione di moduli all'anno. Applicati sotto forma di strati sottili depositati su plastica flessibile, lo basso spessore, il peso ridotto e la resistenza garantiti dalla marcata flessibilità degli schermi rendono la lettura sullo schermo comoda e versatile.

A loro volta, dapprima una batteria e successivamente un modulo solare polimerico alimenteranno il dispositivo in questione, senza dover connessi con cavi e prese alla rete elettrica.

Il futuro della cosiddetta plastic electronics è di stampare circuiti e funzionalità elettroniche su substrati flessibili a temperatura ambiente (modeste quantità di energia) e con processi di stampa roll to roll (ad altissima produttività). Tali dispositivi FV offrono una fonte energetica alternativa a basso costo, leggera, silenziosa e pulita per ogni tipo di applicazione (in interno e in esterno).



[29] Le auto fotovoltaiche sono nel futuro prossimo un obiettivo reale e concreto. Fiat ha iniziato la collaborazione con un produttore di materiale solare irlandese SolarPrint per iniziare a sviluppare moduli fotovoltaici a basso costo che possano essere integrati sui tetti delle auto Fiat e possano permettere l'alimentazione degli strumenti di bordo e degli impianti di condizionamento e di riscaldamento. L'aggiunta di pannelli solari permetterà anche la riduzione dei consumi di carburante di circa il 15% e di mantenere l'auto fresca anche quando il motore è spento. (SolarPrint in collaborazione con i CRF (Centro Ricerche Fiat per lo sviluppo del progetto "SMARTOP").



[30] Il primo display flessibile ad alta leggibilità basato su tecnologia OLED è prodotta in serie presso l'impianto di Dresda della Plastic Logic: [www.plasticlogic.com](http://www.plasticlogic.com).



[31] I moduli solari Power Plastic (produttore: Konarka) o quelli in Si amorfo, [9] (Flexcell) sono leggeri (25-50 g/m<sup>2</sup>), costano 3-5 volte meno dei pannelli convenzionali e sono adatti a soluzioni personalizzati di ogni tipo.



[32] Barca "SOL 10" completamente alimentata ad energia elettrica proveniente dai moduli fotovoltaici installati sul telaio superiore dell'imbarcazione (Potenza motore: 550 W Motore fuoribordo 12V con pannelli solari da 210 Wp alimentati da 4 batterie da 6V ognuno con la capacità di 200 Ah per la singola batteria).

### Altamente flessibile

-integrazione con elementi di varia forma e il design di prodotti innovativi

### Personalizzabile

Produzione personalizzata in varia larghezza e lunghezza con la tecnologia adatta a soluzioni di integrazione personalizzate

### Sottile e leggero

La larghezza del foglio FV lo rende adatto a tutte le applicazioni in cui il peso è importante.

### Infrangibile

-diversamente dai moduli in Si cristallino, che utilizzano tutti substrati in vetro fragili e ampi, i moduli FV flessibili usano polimeri flessibili e sottili resistenti, durevoli e sicuri da manipolare.

### Ecologico

Sono ecologici perché deriva dall'impiego di materiali economici e riciclabili. Il payback energetico è da 3 a 5 volte più veloce dei prodotti basati sulle tecnologie FV convenzionali (Il materiale FV viene quindi stampato su un rullo di plastica conduttrice o di alluminio sottile).



[33] Applicazione FV flessibili sullo zaino trekking

## Rivoluzione dell'energia solare

Il prezzo medio per un modulo FV è diminuito dai quasi 100 dollari per watt nel 1975 ai circa 4 \$ per watt alla fine del 2006. Nel 2004, l'Associazione dei produttori di FV europei avanzava la previsione di un costo di produzione dei moduli FV a film sottile che avrebbe raggiunto 1 \$ per watt nel 2011, un costo che rende il fotovoltaico competitivo con quello dell'elettricità prodotta bruciando carbone. Ma la previsione è stata pessimistica perchè alla fine del 2007 l'azienda americana Nanosolar ha iniziato la commercializzazione dei primi moduli FV di nuova generazione che generano elettricità per un costo di soli 0,99\$ a watt fornendo a un produttore di energia una quantità di pannelli sufficienti a costruire una centrale fotovoltaica da 1 MW. Si tratta di celle solari a film sottile, prodotte stampando su un foglio di Al un inchiostro scotituito dal semiconduttore inorganico (CIGS), che mostrano elevatissime performance che le rendono ideali per ogni tipo di progettazione ad alto rendimento energetico.

Distribuzione della produzione elettrica mondiale nell'anno 2040: le fonti energetiche rinnovabili forniranno 29,81 TWh dei 36,346 TWh richiesti (più che raddoppiati rispetto ai 15,578 del 2001) (Fonte: EREC)

	2001	2010	2020	2030	2040
Consumo totale in TWh	15578	19973	25818	30855	36346
Biomasse	110	220	570	1230	2200
Grande Idro	180	390	1010	2180	4290
Piccolo Idro	2590	3095	3590	3965	4165
Eolico	54,5	512	3093	6307	8000
PV	2,2	20	276	2570	9113
Solare termico	1	5	40	195	790
Geotermico	50	134	318	625	1020
Marino	0,5	1	4	37	230
<b>Totale RES</b>	<b>2988,2</b>	<b>4377</b>	<b>8901</b>	<b>17109</b>	<b>29808</b>
<b>Contributo RES</b>	<b>19,2%</b>	<b>21,9%</b>	<b>34,5%</b>	<b>55,4%</b>	<b>82%</b>

[34] Immagine risorse rinnovabili per anni / Renewable energy scenario to 2040, Erec, Bruxelles, 2007. [http://www.ren21.net/pdf/erec\\_scenari%202040.pdf](http://www.ren21.net/pdf/erec_scenari%202040.pdf).

### Nota:

(RES): Fonti energetiche rinnovabili.

(EREC): *European renewable energy council*

La previsione riguardante la distribuzione della produzione energetica mondiale nell'anno 2040, dei 36mila TWh (più che raddoppiati nell'anno 2001), le fonti energetiche rinnovabiliforniranno l'80% del fabbisogno tot. di elettricità (30mila TWh), con l'energia solare fotovoltaica che predominerà su tutte le altre.

### Nota: Varianti proprietarie

\* Silicio microsferico, in cui si impiega silicio policristallino ridotto in sfere del diametro di circa 0,75 mm ingabbiate in un substrato di alluminio; Delle tecnologie citate, soltanto l'amorfo e il microsferico permettono la flessione del modulo: nel caso dell'amorfo non vi è la struttura cristallina del materiale ad impedirne la flessione, nel caso del microsferico non è la cella (sfera) a flettersi, ma la griglia a nido d'ape su cui è disposta.

## Celle solari in termini di efficienza

All'inizio del XXI secolo, secondo l'industria fotovoltaica europea i miglioramenti in termini di efficienza da raggiungere nel corso dei successivi 10 anni, erano espliciti:

- per celle al silicio monocristallino dal 16,5% al 22%;
- per le celle a silicio policristallino dal 14,5% al 20%;
- per le celle a film sottile (a-Si, CIS, CIGS, CdTe) fino al 10-15%.

L'integrazione architettonica veniva altamente raccomandata per ridurre il costo dell'adozione del fotovoltaico negli edifici; e venivano raccomandati anche miglioramenti nelle celle organiche e l'uso di materiali avanzati come GaAs. Questi miglioramenti sono seguiti in parallela alle applicazioni richieste nelle progettazioni industriali per tutti gli altri settori.

Trattandosi di un settore economico e tecnologico a sviluppo esponenziale, sono stati conseguiti. Più in generale, la tecnologia fotovoltaica si è sviluppata secondo tre principali "ondate di innovazione", dalle celle da wafer a film sottile stampate su fogli flessibili, portando alla riduzione del tempo di ritorno dell'investimento energetico a meno di 1 mese aumentando il ritorno sull'investimento (ROI) di un fattore fra 10 e 25.

## Tecnologie a confronto

Di molti materiali impiegabili per la costruzione dei moduli fotovoltaici, il silicio è in assoluto il più utilizzato. Riportiamo qua sotto un elenco di nomi di materiali per le celle maggiormente usate. Le tecnologie di realizzazione più comuni sono:

### Moduli cristallini

\* **Silicio monocristallino**, in cui ogni cella è realizzata a partire da un wafer la cui struttura cristallina è omogenea (monocristallo);

\* **Silicio policristallino**, in cui il wafer di cui sopra non è strutturalmente omogeneo ma organizzato in grani localmente ordinati.

### Moduli a film sottile

\* **Silicio amorfo**, in cui gli atomi di silicio vengono depositi chimicamente in forma amorfa, ovvero strutturalmente disorganizzata, sulla superficie di sostegno. Questa tecnologia impiega quantità molto esigue di silicio (spessori dell'ordine del micron). I moduli in silicio amorfo mostrano in genere una efficienza meno costante delle altre tecnologie rispetto ai valori nominali, pur avendo garanzie in linea con il mercato. Sono considerate celle economiche in base ai dati dell'EROEI;

\* **Tellururo di cadmio (CdTe)**

\* **Solfuro di cadmio (CdS)** microcristallino, che presenta costi di produzione molto bassi in quanto la tecnologia impiegata per la sua produzione non richiede il raggiungimento delle temperature elevatissime necessarie invece alla fusione e purificazione del silicio. Esso viene applicato ad un supporto metallico per spray-coating, cioè viene letteralmente spruzzato come una vernice. Tra gli svantaggi legati alla produzione di questo genere di celle fotovoltaiche vi è la tossicità del cadmio ed il basso rendimento del dispositivo.

\* **Arseniuro di gallio (GaAs)**, una lega binaria con proprietà semiconduttive, in grado di assicurare rendimenti elevatissimi, dovuti alla proprietà di avere un gap diretto (a differenza del silicio). Viene impiegata soprattutto per applicazioni militari o scientifiche avanzate (come missioni automatizzate di esplorazione planetaria o fotorivelatori particolarmente sensibili). Tuttavia il costo proibitivo del materiale monocristallino a partire dal quale sono realizzate le celle, lo ha destinato ad un impiego di nicchia.

\* **Diseleniuro di indio rame (CIS)**, con opacità variabile dal 100% al 70% ottenuta mediante fori ricavati direttamente nel film.

\* **Diseleniuro di indio rame gallio (CIGS)**

### Tre ondate di innovazione

La prima ondata ebbe luogo con l'introduzione delle celle solari basate sui wafer in silicio - dischi sottili analoghi a quelli usati nell'industria microelettronica - più di tre decenni fa. Nonostante i continui miglioramenti, le celle a wafer in silicio hanno uno svantaggio intrinseco dovuto ai costi elevati del silicio monocristallino, la cui sintesi chimica richiede notevoli quantità di energia. poiché inoltre il silicio non presenta capacità di assorbimento della luce significative, la fragilità intrinseca del wafer complica ulteriormente la loro manipolazione e anche il semplice trasporto.

La seconda ondata si ebbe circa 10-12 anni fa, con l'arrivo delle prime celle solari commerciali a film sottile, complessivamente fino a 100 volte meno spese rispetto agli strati di silicio cristallino in uso nelle celle convenzionali.

Queste prime celle presentavano 2 problemi notevoli:

- il semiconduttore della cella veniva depositato usando processi in alto vuoto lenti e costosi (poiché non era noto come applicare metodi molto più semplici e di stampa ad alte rese);
- i film sottili venivano depositati direttamente sul vetro (usato come substrato), e questo non dava la possibilità di usare un substrato conduttore, direttamente come elettrodo.

La terza ondata, quella in corso, combina il vantaggio cruciale del film sottile, la bassa quantità e quindi il basso costo di materiale, con i vantaggi della tecnologia di stampa *roll-to-roll* che consente di avere basso costo e rapidità del processo.

I film solari sottili inorganici sono sottili 100 volte rispetto alle celle a wafer in silicio, e di conseguenza presentano un costo dei materiali molto più basso, ma sono stampati in atmosfera non controllata (aria), usando un inchiostro stabile e nanostrutturato di materiale fotoattivo.

Così sono state ottenuti i moduli solari col rapporto efficienza/costo migliore al mondo; i primi pannelli solari basati su CIGS stampato su fogli d'alluminio, con un costo di 1\$/Wp, vengono commercializzati da dicembre 2007 (dalla Nanosolar).

Testando i prodotti in condizioni molto più critiche di quelle necessarie per gli standard ufficiali di certificazione, anche in presenza di climi molto rigidi, sono stati sviluppati moduli con 25 anni di vita utile garantiti come le celle solari FV convenzionali, un notevole miglioramento rispetto alle celle a film sottile in silicio amorfo, che pure hanno rivelato velocità di degradazione elevate.

	Ondata tecnologica		
	Celle a wafer	Film sottile su vetro	Film sottile stampato roll-to-roll
Processo	Processamento del wafer di silicio	Evaporazione sotto vuoto	Stampa in atmosfera libera
Controllo di processo	Wafer fragili	Metrologia costosa	Riproducibilità intrinseca
Utilizzazione materiali	30%	30-50%	> 95%
Substrato	Wafer	Vetro	Foglio conduttore
Processamento continuo	No - wafer	No - vetro	Sì
Corrente di modulo	Alta	Bassa	Alta
Payback energetico	3 anni	1,7 anni	< 1 mese
Resa/capitale	1	2-5	10-25

[35] Evoluzione della tecnologia solare, secondo le tre ondate di innovazione



[36] Cella solare, costituita da un wafer in silicio monocristallino



[37] Celle FV policristalline depositate come film sottili

### 3.2.2 Solar design

L'architettura fotovoltaica attuale ha creato eleganti pannelli solari sempre più si integrano strutturalmente, ai progetti industriali, architettonici e ai mezzi di trasporto (settore automobilistico, marino-nautico e aerospaziale) e diventano perfino oggetti decorativi per alcuni progetti (allestimento edifici). Chiaramente, l'impatto estetico



[38] Pannello solare monocristallino - 100W/19V



[39] Pannello solare flessibile monocristallino ad alta efficienza - 80W/18V

Chiaramente, la bellezza è un vantaggio competitivo cruciale dei nuovi moduli FV e i produttori ne sono consapevoli. Le celle solari a colorante, per esempio, possono essere ottenute in diversi colori e adattate di volta in volta a seconda delle differenti esigenze estetiche.

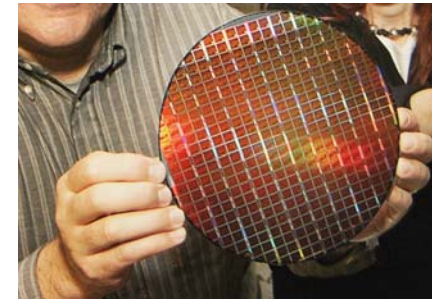
Incorporando colore e design nei prodotti solari, i progettisti possono utilizzare i nuovi moduli in FV anche come elemento primario costitutivo delle case, veicoli di trasporto, capannoni, integrandolo perfettamente con l'ambiente circostante accompagnato coi progetti industrializzati ben studiati.

Ad esempio, il tetto fotovoltaico su un capannone industriale nella città belga di Halle consiste in moduli in film sottile di silicio amorfo lunghi più di 5 m e pesanti solo 50 kg; tali moduli sono fissati direttamente sul tetto e forniscono una ragguardevole potenza nominale di picco di 330 kWp, anche se la pendenza del tetto è minima (in questo caso soltanto 3 gradi).

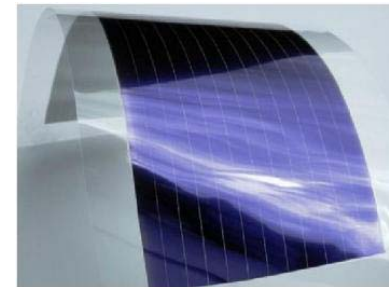
[40] Pannello solare flessibile con l'uscita presa universale per gli usi di ricarica degli apparati elettronici.



[41] Celle a film sottile - silicio amorfo Uni-Solar



[42] Moduli basati sulle celle a colorante



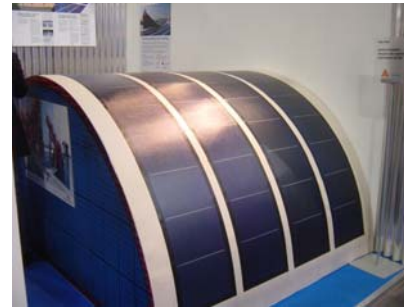
[43] Celle FV flessibili a film sottile - un modello ibrido costruito da a-Si (silicio amorfo) e CIGS



[44] Moduli al Si amorfo, capaci di raggiungere un output di 2x136 Wp, principalmente diretto ai settori agricolo e industriale



[45] Pannello solare in Si amorfo installati su un capannone.



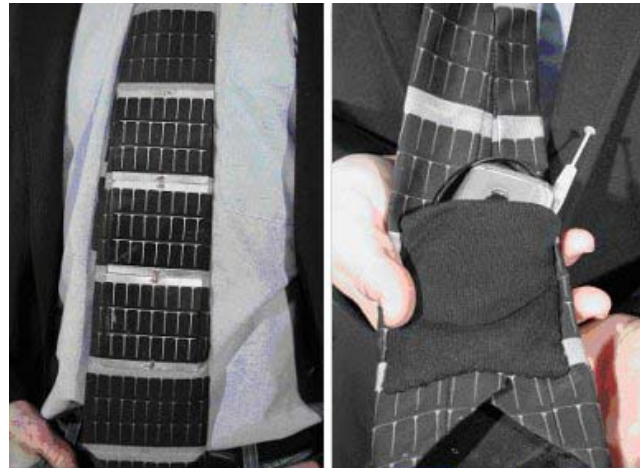
[48] Pannelli solari in flessibili in Si - amorfo e CIS-CIGS



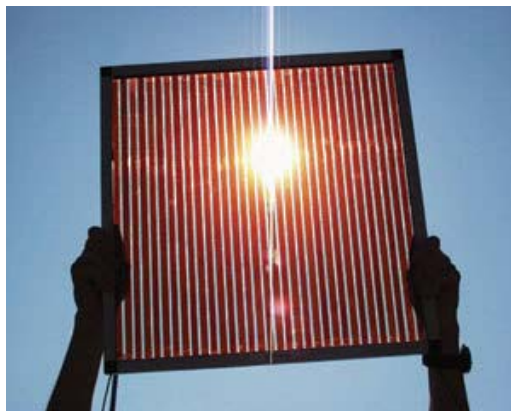
[49] Tenda da camping con i pannelli solari flessibili installati sopra il tessuto.



[46] Pannelli solari a celle solari a colorante applicati sul tetto di un'auto



[50] Una cravatta disegnata con i pannelli solari flessibili come materiale di progettazione



[47] Pannello solare a celle solari a colorante, trasparenti ed assorbono la luce solare



[51] Pannello solare flessibile in Si amorfo di Flexcell (25-50 g/m2)



[52] Zaino trekking pannelli solari flessibili

### 3.2.3 Celle solari - il funzionamento -

La conversione della radiazione solare in una corrente di elettroni avviene nella cella fotovoltaica, un dispositivo costituito da una sottile fetta di materiale semiconduttore, molto spesso silicio, opportunamente trattata.

Tale trattamento è caratterizzato da diversi processi chimici, tra i quali si hanno i cosiddetti "drogaggi".

Inserendo nella struttura cristallina del silicio delle impurità, cioè atomi di boro e fosforo, si genera un campo elettrico e si rendono anche disponibili le cariche necessarie alla formazione della corrente elettrica.

Questa si crea quando la cella, le cui due facce sono collegate ad un utilizzatore, è esposta alla luce. L'energia che si può poi sfruttare dipende dalle caratteristiche del materiale di cui è costituita la cella: l'efficienza di conversione (percentuale di energia contenuta nelle radiazioni solari che viene trasformata in energia elettrica disponibile ai morsetti) per celle commerciali al silicio è in genere compresa tra il 13% e il 20%, mentre realizzazioni speciali di laboratorio hanno raggiunto valori del 32,5%.

In pratica la tipica cella fotovoltaica ha uno spessore complessivo compreso tra 0,25 e 0,35 mm ed è costituita da silicio mono o multicristallino.

Essa, generalmente di forma quadrata, misura solitamente 125x125 mm e produce, con un irraggiamento di 1 kW/mq ad una temperatura di 25°C, una corrente compresa tra 1,3 e 1,4 A e una tensione di circa 0,5 V, con una potenza corrispondente di 1,5 - 2 Wp.

Poiché la potenza di una cella fotovoltaica varia al variare della sua temperatura e della radiazione, per poter fare dei confronti sono state definite delle condizioni standard alle quali fa riferimento il cosiddetto watt di picco (Wp), relativo alla potenza fornita dalla cella alla temperatura di 25°C sotto una radiazione di 1.000 W/mq e in condizioni di AM1,5.

Esponendola alla radiazione solare, la cella si comporta come un generatore di corrente. In generale la caratteristica di una cella fotovoltaica è funzione di tre variabili fondamentali: intensità della radiazione solare, temperatura e area della cella.

L'intensità della radiazione solare non ha un effetto significativo sul valore della tensione a vuoto; viceversa l'intensità della corrente di corto circuito varia in modo proporzionale al variare dell'intensità dell'irraggiamento, crescendo al crescere di questa.

La temperatura non ha un effetto significativo sul valore della corrente di corto circuito; al contrario, esiste una relazione di proporzionalità tra questa e la tensione a vuoto, diminuendo la tensione al crescere della temperatura.

L'area della cella non ha alcun effetto sul valore della tensione; viceversa esiste una diretta proporzionalità tra questa e la corrente disponibile.

In condizioni di corto circuito la corrente generata è massima ( $J_{sc}$ ), mentre in condizioni di circuito aperto è massima la tensione ( $V_{oc}$ ).

Approfondiamo il discorso di funzionamento delle celle FV riguardo al loro voltaggio e densità di potenza. Il regime operativo della cella solare è nell'intervallo di potenziali compresi tra 0 e  $V_{oc}$ , in cui la cella fornisce potenza. La densità di potenza della cella è pari a:  $P=JV$

P raggiunge il valore massimo a determinate condizioni operative della cella (in termini di corrente e potenziale), che rappresentano le coordinate del punto di massima potenza. Questo avviene al voltaggio  $V_m$ , prossimo al potenziale a circuito aperto  $V_{oc}$ , con una densità di corrente corrispondente  $J_m$ , come mostrato in figura. Il fattore di riempimento (FF) è conseguentemente definito dal seguente rapporto:

$$FF = \frac{J_m V_m}{J_{oc} V_{oc}}$$

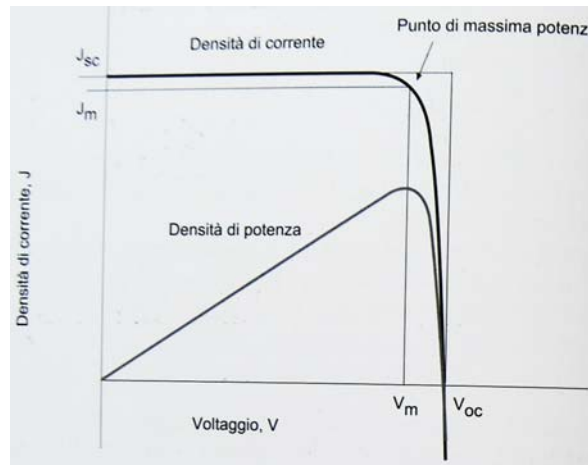
Il parametro FF descrive quindi la squadratura della curva J-V. Sempre con riferimento alla figura di sotto, la massima densità di potenza  $J_m V_m$  è data dall'area del rettangolo interno; il rettangolo esterno ha un'area pari a  $J_{sc} V_{oc}$ . Se il FF fosse pari a 1, la curva corrente-potenziale seguirebbe il rettangolo esterno. L'efficienza di una cella è la densità di potenza fornita al punto operativo, divisa per la densità di potenza della luce incidente,  $P_s$ :

$$\eta = \frac{J_m V_m}{P_s}$$

L'efficienza è correlata a  $J_{sc}$  e a  $V_{oc}$  attraverso il fattore di riempimento:

$$\eta = \frac{J_{sc} V_{oc} FF}{P_s}$$

Queste quattro quantità  $J_s$ ,  $V_{oc}$ , FF e  $\eta$  definiscono la performance di una cella solare, e sono quindi le caratteristiche cruciali che vengono misurate e paragonate per valutare la producibilità energetica delle diverse celle solari.

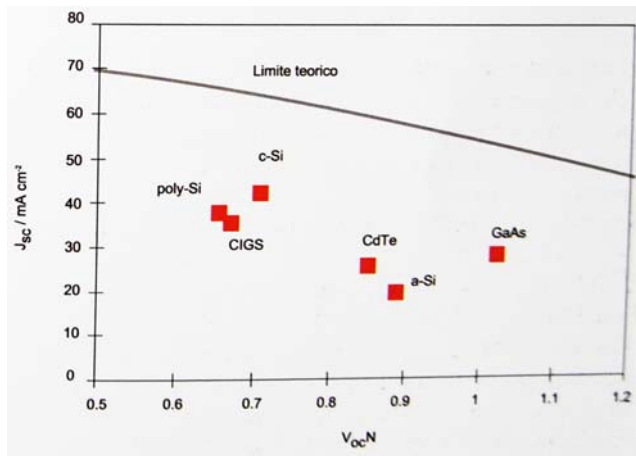


[53] Caratteristiche corrente-potenziale (in nero) e potenza-potenziale (in grigio), caratteristiche di una cella solare ideale



La figura di sotto illustra la correlazione tra  $J_{sc}$  e  $V_{oc}$  e la relazione per una cella di efficienza massima.

[54] Grafico di variazione di  $J_{sc}$  per le celle elencate in tabella successiva. A causa del bandgap, i materiali con più alto  $V_{oc}$  tendono ad avere valori di  $J_{sc}$  più bassi.



I valori in tabella di sotto per le celle solari più comuni mostrano che le celle con maggiore  $J_{sc}$  tendono ad avere  $V_{oc}$  più bassi. Questo comportamento è determinato dal valore di bandgap del semiconduttore di cui è costituita la cella.

[55] Parametri di performance diversi tipi di cella

Tipo di cella	Area [cm <sup>2</sup> ]	$V_{oc}$ [V]	$J_{sc}$ [mA/cm <sup>2</sup> ]	FF	Efficienza [%]
Si cristallino	4,0	0,706	42,2	82,8	24,7
GaAs cristallino	3,9	1,022	28,2	87,1	25,1
Poli-Si	1,1	0,654	38,1	79,5	19,8
Si amorfo	1,0	0,887	19,4	74,1	12,7
CuInGaSe <sub>2</sub> (CIGS)	1,0	0,669	35,7	77,0	18,4
CdTe	1,1	0,848	25,9	74,5	16,4

In generale, nelle applicazioni fotovoltaiche pratiche, si accetta un compromesso tra fotocorrente e potenziale.

### Prodotti in commercio

I moduli fotovoltaici in silicio cristallino più comuni hanno dimensioni variabili da 0,5 m<sup>2</sup> a 1,5 m<sup>2</sup>, con punte di 2,5 m<sup>2</sup> in esemplari per grandi impianti. Non vi è comunque particolare interesse a costruire moduli di grandi dimensioni, a causa delle grosse perdite di prestazioni che l'intero modulo subisce all'ombreggiamento (o malfunzionamento) di una sua singola cella.

La potenza più comune si aggira intorno ai 200 Wp a 32 V, raggiunti in genere impiegando 54/60 celle fotovoltaiche. La superficie occupata dai modelli commerciali si aggira in genere intorno ai 7,2 m<sup>2</sup>/kWp, ovvero sono necessari circa 7,2 metri quadrati di superficie per ospitare pannelli per un totale nominale di 1.000 Wp. I moduli in commercio più prestanti raggiungono un'efficienza del 19.6% e richiedono quindi una superficie di 5,147 metri quadrati per 1.000 Wp.

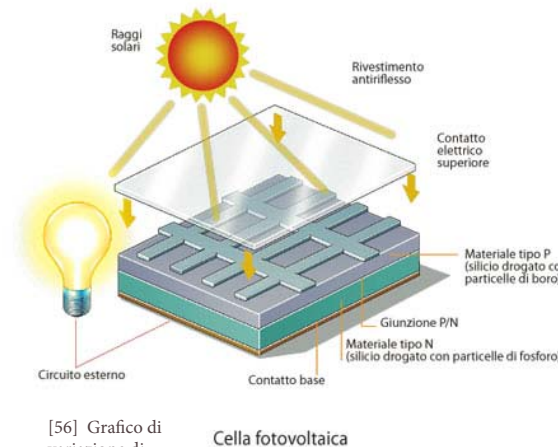
Dopo un biennio di instabilità, i costi al cliente finale si sono stabilizzati nella fascia 4,50/6,00 €/Wp (a gennaio 2009). Va evidenziato che questo valore è suscettibile di scostamenti sostanziali a seconda del punto di rilevazione all'interno della filiera del prodotto. La generale instabilità dei prezzi del biennio 2004/2005 era stata causata dall'improvviso squilibrio tra domanda e offerta conseguente al lancio contemporaneo delle politiche di incentivazione delle fonti rinnovabili da parte dei paesi ratificanti il Protocollo di Kyoto.

Le prestazioni dei moduli fotovoltaici sono suscettibili di variazioni anche sostanziose in base:

- \* al rendimento dei materiali;
- \* alla tolleranza di fabbricazione percentuale rispetto ai valori di targa;
- \* all'irraggiamento a cui le sue celle sono esposte;
- \* all'angolazione con cui questa giunge rispetto alla sua superficie;
- \* alla temperatura di esercizio dei materiali, che tendono ad "affaticarsi" in ambienti caldi;
- \* alla composizione dello spettro di luce.

Per motivi costruttivi, il rendimento dei moduli fotovoltaici è in genere inferiore o uguale al rendimento della loro peggior cella. Con rendimento si intende la percentuale di energia captata e trasformata rispetto a quella totale giunta sulla superficie del modulo; è quindi proporzionale al rapporto tra watt erogati e superficie occupata, ferme restando tutte le altre condizioni. Alcuni pannelli a concentrazione per uso terrestre, derivati dal settore aerospaziale (Boeing - Spectrolab), hanno rendimenti nominali che superano anche il 40% [1]; valori tipici riscontrabili nei comuni prodotti commerciali a base silicea si attestano intorno al:

- \* 15% nei moduli in silicio monocristallino;
- \* 13% nei moduli in silicio policristallino;
- \* 12% nei moduli in silicio amorfo.



[56] Grafico di variazione di funzionamento di una cella solare

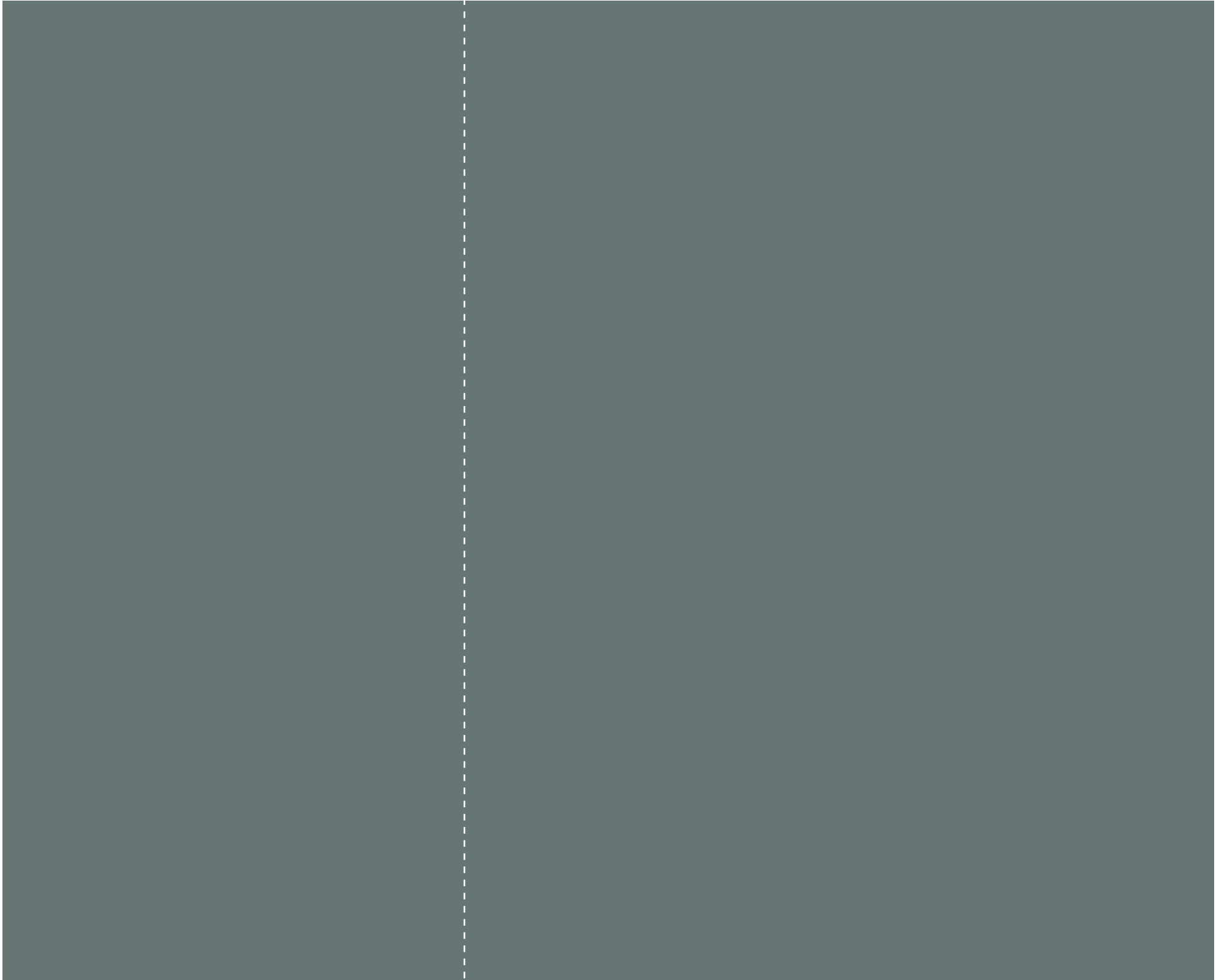
Maggiori produttori mondiali di moduli fotovoltaici -Dati del 2009-

- \* 1100.0 MW First Solar
- \* 704.0 MW Suntech
- \* 595.0 MW Sharp
- \* 586.0 MW Q-Cells
- \* 525.3 MW Yingli
- \* 520.0 MW JA Solar
- \* 400.0 MW Kyocera
- \* 399.0 MW Trina Solar
- \* 397.0 MW SunPower
- \* 368.0 MW Gintech

**Ricerca & Analisi**

capitolo 4

**Motori Marini**



## 4.1 Motorizzazione per le imbarcazioni a basso consumo

Il motore è una macchina capace di trasformare una sorgente di energia, che può essere in forma chimica (in presenza di un combustibile), elettrica o termica, in una energia meccanica o lavoro meccanico.

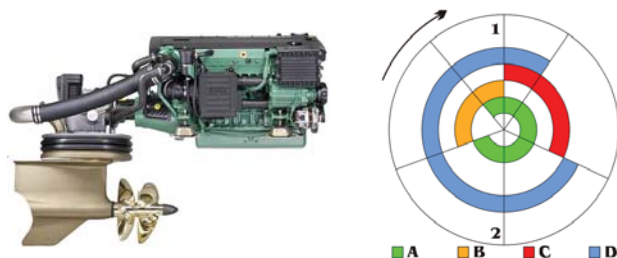
Il rapporto fra il lavoro fornito e l'energia spesa da un particolare motore è il suo rendimento lordo, comprendente la frazione di energia spesa per il funzionamento interno del motore stesso. Esso è sempre inferiore al rendimento termodinamico, il rendimento (non misurato, ma calcolato) per un motore identico considerato "ideale", cioè privo di dissipazione energetica interna.

In particolare, il rendimento dei motori termici dipende strettamente dalla temperatura iniziale e finale del loro ciclo, e per un dato salto di temperatura  $\delta T$  sarà comunque minore di quello del ciclo di Carnot allo stesso  $\delta T$ .

La gran parte dei motori di uso comune sono alternativi e/o rotativi, e producono lavoro sotto forma di una coppia o una forza su un asse; altri producono soltanto una forza lineare.

Quando parliamo di motori marini è bene specificare le varie tipologie d'impiego, che possono variare in entroborordo, fuoribordo ed entrofuoribordo. Vediamo di indicare caratteristiche e particolarità di tutte le tipologie in generale.

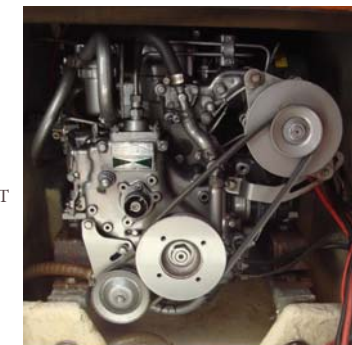
I motori utilizzati nella nautica, come per la trazione terrestre, sono prncipalmente di due tipi : Combustione interna ed Elettrici.



[87] Motore per barca : entroborordo diesel 400-450 cv (IPS)  
IPS 600

Quando ci si appresta a scegliere ed acquistare motori marini è fondamentale anzitutto su quale tipo di imbarcazione si andranno a montare: esistono infatti marchi specializzati in motori marini che producono linee ad hoc per i diversi tipo di imbarcazione, siano essi gommoni, barche a motore o a vela, cabinati o semicabinati. I motori marini si dividono, come tutti i motori, in motori a benzina o diesel (con tutti i vantaggi e gli svantaggi del caso), o elettrici o ancora, a 2 o a 4 tempi. Un altro parametro da considerare quando si valuta la performance di motori marini è ovviamente la potenza, che si misura in cavalli e deve essere proporzionata alle dimensioni dell'imbarcazioni e alle prestazioni richieste (diversa sarà la scelta per esempio se si cerca un motore per un motoscafo o per uno yacht. Un'ulteriore differenza va fatta fra motori entroborordo e fuoribordo, diversi sia per dimensioni che prezzo. I motori marini più diffusi appartengono ai marchi tradizionali: Yamaha, Evinrude, Honda, Volvo Penta, Caterpillar e Johnson solo per citare i più famosi, ma in realtà la maggior parte delle case produttrici di motori per autoveicoli produce anche motori marini.

Per scegliere la soluzione che meglio si confà alla propria imbarcazione si devono tenere presenti molti elementi relativi alle motorizzazioni possibili, alla loro installazione, allo sfruttamento logico della potenza, alla sicurezza, ai consumi.



[88] Ciclo termico di un motore 4T  
1=PMS  
2=PMI  
A: Aspirazione  
B: Compressione  
C: Espansione  
D: Scarico

## 4.1 Motorizzazione per le imbarcazioni a basso consumo

I battelli pneumatici, le barche di piccole dimensioni, i kayak, dalla loro origine, si sono sempre offerti quale mezzo di pronto impiego e, soprattutto, funzionale all'utilizzo. Conseguentemente anche le motorizzazioni ideali per tale tipo di imbarcazione dovevano necessariamente essere leggere, consumare il meno possibile, ma abbastanza potenti da mandare in planata tutto il complesso con almeno 1-4 persone a bordo. Dipendentemente dal loro genere assistiti anche da una carena abbastanza portante, quasi tutte le imbarcazioni erano disponibili con tale caratterizzazione: smontabili attorno a metri 2/4,20 con motorizzazioni di 20 cavalli. Ricordiamo che in passato tale potenza era appannaggio di macchine che di rado superavano i 45 chilogrammi, e che pertanto andavano benissimo per essere movimentate con facilità, stare comodamente in un medio bagagliaio, magari



[89] Motore marino diesel entrobordo, Yanmar

I più «poveri» optavano per misure e potenze inferiori, preferendo al lungo rito dell'allestimento del «quattro e venti» il rapido montaggio del tre e ottanta con 10-15 cavalli sullo specchio. Ammennicoli di tutti i generi, complicate consolle, fantascientifici roll bar e antenne di radiotrasmissione non erano neppure ipotizzate. I più creativi allestivano il loro mezzo con sacche impermeabili in cui riporre vestiario e attrezzature semplici per il campeggio nautico e... via, alla ricerca di paradisi per vacanze veramente da sogno.

All'inizio della storia di evoluzione delle imbarcazioni di piccolo-medio dimensioni le carene erano abbastanza piatte, ma nei primi anni Settanta iniziò una piccola rivoluzione progettuale che portò a consistenti miglioramenti di rendimento e di comfort. Si misuravano le qualità dell'imbarcazione in rapporto alla facile formula peso/cavalli dove il vincente non era certo il più veloce ma quello che riusciva a garantire maggior comfort e miglior attitudine al carico. Oggi le imbarcazioni tradizionali non fanno più storia. Comunque lungi dall'essere ulteriormente sviluppate, hanno quasi completamente ceduto il passo al composito che da almeno 5 anni la fa da padrone.

Ci limiteremo a sottolineare che per la motorizzazione dell'imbarcazione non sono necessarie elevate potenze; soprattutto in funzione del fatto che le misure per questo genere ridotte difficilmente hanno senso, nel parco generale odierno, se superiori a m 4,20.

E' sconsigliabile, pertanto, in funzione di un uso equilibrato, di installare potenze pari a quelle massime dichiarate anchè perchè il progetto di un'imbarcazione mal studiato costringe quasi spesso di limitarsi ai 25% della performance assistita dalla propulsione.

In particolare suggerirei di non rifarsi alle potenze nominali dei motori, ma di attenersi, semmai, ai pesi ammessi sugli specchi di poppa. Per i grossi modelli, invece, salvo che in fatto di prestazioni velocistiche di punta un motore è meglio di due, sarei assai favorevole, soprattutto per impieghi di lungo cabotaggio alla doppia motorizzazione.



[90] A 12 volt motore elettrico fuoribordo montato uslla poppa del gommone

## 4.2 Sostenibilità ambientale

In un'epoca di sempre crescente utilizzo energetico, accanto alla continua ricerca di fonti alternative alle fossili, risulta di vitale importanza la necessità di incrementare l'efficienza di ogni macchina prodotta dall'uomo.

Accanto a questo è necessario, altresì, ridurre le emissioni di gas inquinanti particolarmente dannose al pianeta e alla vita stessa. Tale problema è molto sentito nei grandi centri urbani, dove ingorghi e traffico contribuiscono ad innalzare le emissioni nocive.

Da ciò discende lo sviluppo della concezione ibrida di un autoveicolo, macchina ad alto rendimento e ad impatto ambientale ridotto, basata sull'utilizzo di energia fossile, e ottimizzata sfruttando le conoscenze elettroniche, in costante crescita negli ultimi tempi.

Table 1 Comparison of payback data for different motor ratings

Motor Rating (kW):	30kW	55kW	110kW
Efficiency (%)	93.0	93.5	94.5
Standard motor	89.5	91.5	92.5
Annual hours of operation	6000	6000	6000
Average energy rate (c/kWh)	10	10	10
Energy efficient motor premium (\$)	424	960	1654
Results			
Simple annual energy saving (\$)	757	771	1510
Simple payback (months)	7	15	13

*N.B. Avg energy rate includes typical retail+network+market costs and then averages typical peak, shoulder and off-peak rates*

[91] Immagine di tabella dati efficienza motore

Queste ultime hanno consentito la progettazione di dispositivi di controllo che ottimizzano il funzionamento di tutti i componenti meccanici. Ciò porta direttamente allo scopo del progetto sviluppato: ottimizzare il funzionamento di una macchina ibrida mediante l'utilizzo di un microcontrollore interfacciato ai dispositivi meccanici, aumentandone di questi il rendimento attraverso lo sviluppo di un buon software di controllo.

Sfruttare al meglio le risorse significa costruire macchine sempre più efficienti che consentano di svolgere lo stesso lavoro ad un costo ridotto sia in termini energetici che di usura dei materiali. Come è facile intuire, ciò consente di ridurre le emissioni di sostanze inquinanti quali benzene, idrossido di azoto, anidride carbonica e zolfo.

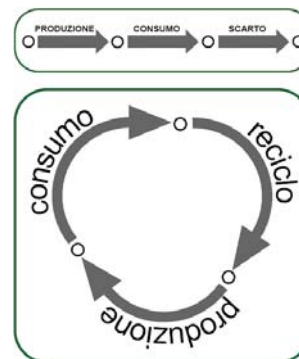
Numerosi progetti su macchine a minor impatto ambientale sono da tempo avviati nei paesi industrializzati, in particolare negli Stati Uniti, in Giappone e nell'Unione Europea, dove la condizione tecnologica e legislativa ha consentito lo sviluppo di idee innovative nel campo. Lo sguardo è rivolto alle diverse tipologie di macchine ibride, ai vantaggi e svantaggi del loro utilizzo.

In Europa, i principali campi di intervento riguardano le motorizzazioni a combustione interna e, in misura sperimentale, le autovetture ibride, dove sono stati raggiunti significativi risultati.

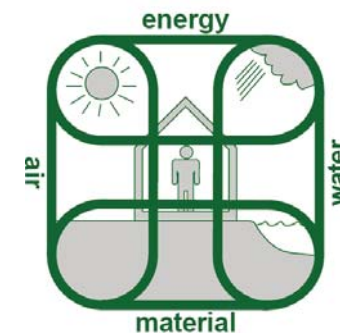


[92] Reazione di trasformazione rifiuti nel motore

La principale problematica associata al loro sviluppo sorge nel momento in cui si deve compiere la prima scelta progettuale, quella di usare una macchina a trazione serie o parallelo. Entrambe presentano vantaggi che possono diventare più o meno rilevanti a seconda delle condizioni di utilizzo dall'automezzo. La trazione parallela consente di ottimizzare la gestione della potenza facendo in modo che a livello prestazionale la macchina ibrida possa equivalere ad una macchina comune alimentata a benzina o gasolio. La trazione serie è orientata al basso consumo energetico pagando il prezzo in termini di prestazioni, cioè si avrebbero macchine meno pronte in fase di accelerazione, la quale in alcuni casi può diventare insoddisfacente (es. fase di sorpasso o lunga salita).



[93] ciclo di consumo



[94] Icone di green energy

#### 4.2.1 Emissioni inquinanti dei motori marini

Le emissioni sono tutto ciò che è contenuto dai gas di scarico di un motore a combustione interna in funzione. Esse sono formate dai residui di combustione completa o incompleta. Per comprendere le emissioni gassose, vale la pena ricordare che l'aria e la benzina sono composte da alcuni elementi. L'aria contiene ossigeno (O<sub>2</sub>), azoto (N<sub>2</sub>) ed altri elementi. La benzina contiene principalmente idrogeno (H) e carbonio (C). Questi 4 elementi si combinano chimicamente tra di loro durante la combustione. Se la combustione è completa i residui di tale miscela sono acqua (H<sub>2</sub>O), anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) e Azoto (N<sub>2</sub>) che sono sostanze non dannose per l'ambiente. Purtroppo la combustione non è sempre completa, quindi si possono generare dei gas dannosi sia durante sia dopo la combustione stessa.

Il governo degli Stati Uniti attraverso l'EPA (ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY) ha stabilito i limiti delle emissioni gassose provenienti da motopropulsori di nuova produzione. I livelli massimi di emissioni diventeranno sempre più bassi anno dopo anno.

I limiti riguardano soprattutto 3 tipi di gas emessi:

Idrocarburi incombusti (HC);

Monossido di carbonio (CO);

Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>).

Per ciò che concerne i motori marini la nuova regolamentazione impone una riduzione pari al 75% delle emissioni in un periodo di 9 anni; tuttavia, tale riduzione non è immediata, ma consente modifiche del 8,33% nelle emissioni societarie (CAE) per ciascuno dei nove anni.

Per emissioni medie societarie si intendono i Kg massimi di inquinanti emessi dalla globalità dei motori prodotti per anno.

Da questa nuova normativa si evince come case costruttrici di motori marini abbiano notevole interesse nel ridurre al massimo le masse degli inquinanti prodotte dai lotti di produzione anno dopo anno.

##### **Gli Idrocarburi (HC)**

La benzina è composta da idrocarburi. I due elementi idrogeno e carbonio sono bruciati durante la combustione in combinazione con l'ossigeno. Purtroppo non vengono totalmente consumati ed escono dalla camera di combustione sotto forma di gas (HC).

##### **Il Monossido di Carbonio (CO)**

Il carbonio è uno degli elementi che si combina con l'ossigeno durante la combustione. Se il carbonio si combina con sufficiente ossigeno si trasforma in anidride carbonica (CO<sub>2</sub>). L'anidride carbonica non è considerata inquinante. Se l'ossigeno è insufficiente la reazione produce monossido di carbonio (CO) pericoloso per l'ambiente e letale per l'uomo.

##### **Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>)**

Gli ossidi di azoto sono un prodotto leggermente differente della combustione.

Come abbiamo visto l'azoto è un componente dell'aria e quando la temperatura in camera di scoppio è troppo elevata, questo si combina con l'ossigeno e forma gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>).

Gli ossidi di azoto da soli non sono nocivi, ma quando sono esposti ai raggi del sole si combinano con gli idrocarburi incombusti e formano lo smog. Lo smog è un serio problema in tutte le città del mondo.

#### CONTROLLO DELLE EMISSIONI

Ci sono due principali sistemi per ridurre le emissioni gassose provenienti da un motore a due tempi marino. Il primo è quello di controllare il rapporto aria/benzina che entra nella camera di combustione. Il secondo è quello di controllare quando far entrare la miscela aria/benzina in camera di combustione. Il momento in cui viene iniettata la miscela di aria/benzina è molto importante al fine di ridurre le quantità di gas incombusti.

##### **RAPPORTO STECHIOMETRICO ARIA/BENZINA (14,7:1)**

Nella ricerca del controllo degli inquinanti, si è scoperto che si possono ridurre di molto le emissioni facendo funzionare un motopropulsore con un rapporto di aria/benzina pari a 14,7:1, il corretto termine tecnico di questo punto di lavoro è chiamato "stechiometrico". Un rapporto di aria/benzina pari al 14,7:1 provvede a mantenere un buon equilibrio tra i 3 inquinanti a tutte le condizioni di lavoro del motore. Gli idrocarburi incombusti ed il monossido di carbonio contenuti nello scarico sono fortemente influenzati dal rapporto aria/benzina. Un rapporto aria/benzina magro, al di sotto del 14,7:1 produce bassi valori di CO e HC, viceversa un rapporto aria/benzina grasso quindi superiore a 14,7:1 innalza molto rapidamente i livelli di emissioni di CO e HC. Dopo questa osservazione sembrerebbe molto semplice tenere una combustione magra per ridurre le emissioni.

Purtroppo bisogna anche considerare le emissioni di NO<sub>x</sub>. Smagrendo il rapporto aria/benzina la temperatura in camera di combustione si innalza aumentando rapidamente le emissioni di NO<sub>x</sub>. Ritornando in regime di combustione ricca si riduce la temperatura della camera di scoppio e si riducono le emissioni di NO<sub>x</sub>, ma si aumentano come abbiamo visto le emissioni di HC e CO, incrementando considerevolmente anche i consumi.

Importante dunque far lavorare il motore ad un rapporto aria/benzina il più vicino possibile a 14,7:1.

Il miglior modo per controllare la quantità di aria e benzina è quello di affidare un così arduo compito ad un microprocessore, che lavorando alla velocità della luce, riesce in tempo reale a dosare l'esatta quantità di benzina da iniettare in camera di scoppio. Per questa ragione, in futuro vedremo circolare sempre più motori dotati di iniezione elettronica, e di pari passo vedremo scomparire il vecchio e glorioso carburatore.



[95] Motore a diesel mercury fuoribordo

#### 4.2.2 Emissioni inquinanti dei motori diesel

Lo scopo di questo intervento è quello di riepilogare alcuni tra i principali elementi inquinanti che i motori diesel emettono in atmosfera, per permettere la comprensione delle misure adottate dai costruttori per limitarne l'emissione e poter omologare i motori rispettando quindi le normative vigenti. Cercherò di introdurre quindi i dispositivi utilizzati per il controllo e la riduzione delle emissioni e di fare alcune considerazioni a riguardo.

Cercherò di introdurre quindi i dispositivi utilizzati per il controllo e la riduzione delle emissioni e di fare alcune considerazioni a riguardo.

Ovviamente questa sarà solamente una panoramica visto che le emissioni inquinanti sono il principale oggetto di studio per quanto riguarda i motori Diesel odierni e i metodi per abbatterle sono in continuo sviluppo e spesso complessi. Spero che l'articolo si riveli utile e vi prego di segnalare eventuali inesattezze o errori.



[96] Motori fuoribordo in salone nautico

#### MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Se all'interno della camera di combustione del motore si avesse una combustione completa si otterrebbe la formazione di anidride carbonica  $CO_2$ ; la presenza di CO è indice di una combustione incompleta.

Durante la discesa del pistone, la temperatura e la pressione nella camera di combustione diminuiscono e la reazione si arresta prima del suo completamento, in una fase intermedia in cui si origina CO.

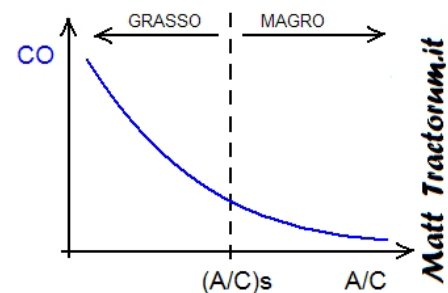
La formazione del monossido di carbonio CO dipende molto dal rapporto di miscela Aria/Combustibile.

Se il rapporto A/C è uguale a quello che chimicamente consentirebbe l'intera reazione di tutto il combustibile con l'aria, viene detto rapporto stechiometrico.

Una miscela di rapporto A/C minore di quello stechiometrico viene detta "grassa", mentre se è superiore viene detta "magra".

Vediamo in figura l'andamento (puramente qualitativo) delle emissioni di CO in base al rapporto A/C della miscela, nel quale si può vedere come utilizzando miscele magre si emettano minori quantità di CO.

In corrispondenza del rapporto stechiometrico i valori di CO non sono considerati trascurabili.



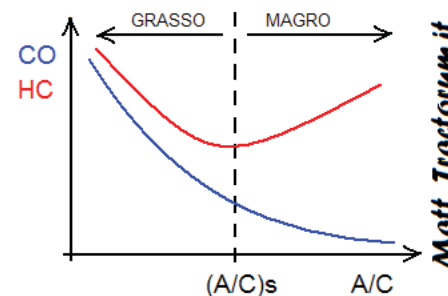
[97] Principali sostanze emesse dai motori

#### IDROCARBURI INCOMBUSTI (HC)

Gli idrocarburi incombusti sono essenzialmente dovuti a combustibile che non prende parte alla combustione.

Ciò si verifica ad esempio a causa del riempimento del combustibile di cavità interne alla camera di combustione (come il gioco cilindro-pistone), all'assorbimento del combustibile da parte dell'olio, allo spegnimento della fiamma in vicinanza delle pareti della camera (più fredde), a combustioni non avvenute o incomplete in alcuni cicli.

Anche gli HC dipendono dal rapporto di miscela A/C e nel grafico (qualitativo) di figura possiamo vedere l'andamento degli inquinanti finora visti in funzione del rapporto A/C:



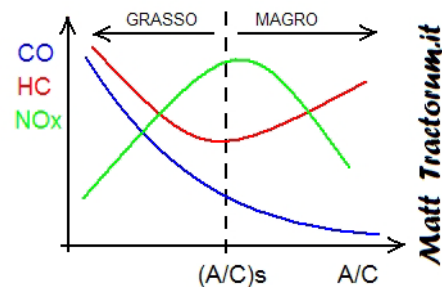
[97] Principali sostanze emesse dai motori



Si vede dal grafico che il valore minimo di HC si ha per miscele leggermente grasse, con rapporto di miscela appena inferiore a quello stechiometrico, valore per il quale si ha la massima velocità di combustione che permette prima dell'apertura della valvola di scarico la combustione delle particelle "intrappolate" che vengono rigettate in camera. L'aumento del rapporto di compressione del motore porta ad una diminuzione dell'emissione di HC in quanto aumenta la velocità di combustione, come accade anche anticipando l'accensione della miscela (permette maggior tempo e temperature maggiori per bruciare il combustibile "intrappolato" negli interstizi). Un raffreddamento più efficiente del motore (che provoca pareti della camera di combustione più fredde) aumenta la quantità di HC. Un aumento della turbolenza (moti del fluido) nella camera favorisce il rimescolamento della miscela quindi la diminuzione degli HC.

### OSSIDI DI AZOTO (NOx)

Gli NOx sono una miscela costituita da NO (circa il 98%) e NO2 (circa il 2%). Si originano prevalentemente nella zona retrostante il fronte di fiamma (dove è appena passato), in quanto la temperatura e la pressione sono molto elevate. Per limitarne la presenza occorre quindi diminuire la temperatura del processo di combustione. Anche gli NOx dipendono dal rapporto di miscela A/C e nel grafico (qualitativo) di figura possiamo vedere l'andamento degli inquinanti finora visti in funzione del rapporto A/C:



[98] Principali sostanze emesse dai motori

Possiamo notare che la massima presenza di NOx si ha per miscele leggermente magre, di valore appena superiore a quello di miscela stechiometrica. L'aumento del rapporto di compressione del motore porta ad un aumento dell'emissione di NOx in quanto aumentano le temperature nella camera di combustione, come accade anche anticipando l'accensione della miscela.

La turbolenza all'interno della camera fa aumentare gli NOx. Nei motori Diesel il problema dovuto agli NOx è maggiore in quanto temperature e pressioni in camera sono più alte (si deve provocare l'autoaccensione), come infatti maggiore è anche il rapporto di compressione.

### PARTICOLATO (PM)

La composizione e la formazione del particolato sono ancora in fase di studio, è costituito da particelle solide con diametro da 10 a 100 micron (1 micron = 1 millesimo di mm) e sono molto dannose in quanto possono penetrare negli alveoli polmonari (sono quindi cancerogene). Si formano in presenza di elevate temperature e pressioni; il massimo valore si ha durante il picco di pressione iniziale della fase di espansione, dopodiché durante la discesa del pistone nella quale le temperature e pressioni diminuiscono e la loro quantità cala, ma al momento dell'apertura della valvola di scarico sono presenti PM ancora in valore elevato. La quantità emessa è relativamente ridotta a bassi e medi carichi mentre a pieno carico (accelerazione) il rapporto A/C si riduce e l'emissione è consistente. Il particolato si forma solamente nei motori Diesel e nei benzina a iniezione diretta (è il responsabile del "fumo nero" che usciva dai motori Diesel più vecchi, specie in accelerazione o sotto sforzo). Nei motori a iniezione diretta infatti nella zona centrale del getto di combustibile si ha miscela particolarmente ricca con grande produzione di particolato. La formazione di PM è favorita perciò da zone di miscela ricche a temperature relativamente basse e da basso miscelamento tra aria e combustibile (la turbolenza in camera di combustione è quindi benefica per la riduzione di PM, perché aumenta il miscelamento).

### ANIDRIDE CARBONICA (CO2)

L'Anidride Carbonica è un inevitabile prodotto della combustione e dipende direttamente dal consumo di combustibile. L'unico modo per ridurla è quindi diminuire i consumi del motore. Si discute di ridurne l'emissione a livello mondiale in quanto ritenuta responsabile dell'effetto serra (riscaldamento globale).

## PROBLEMATICHE DI INQUINAMENTO NEI MOTORI DIESEL:

Nei motori Diesel i CO non costituiscono un grosso problema, come detto precedentemente, in quanto le miscele utilizzate sono magre.

Vi è la necessità invece di abbattere HC (non elevatissimi) e soprattutto NOx, maggiori rispetto ai motori a benzina per effetto delle temperature e pressioni più alte in camera di combustione.

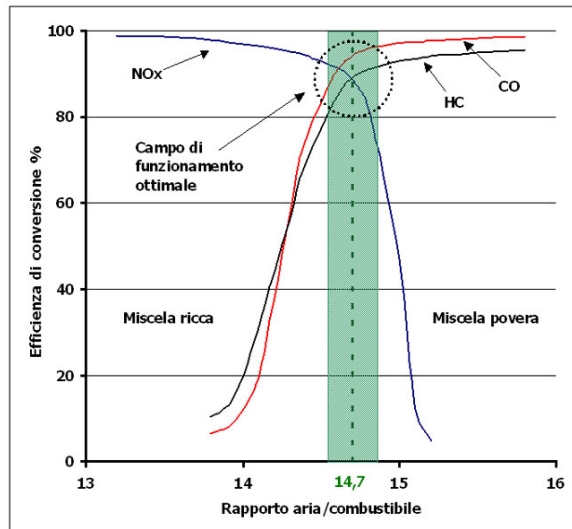
Inoltre è presente il particolato PM, che nei motori a benzina (tranne quelli a iniezione diretta) non viene prodotto.

Per abbattere gli inquinanti si può agire cercando di limitarne la formazione oppure inserendo dei filtri che permettano di rimuovere gli inquinanti una volta formati; generalmente viene utilizzato un mix di tutte e due le strategie.

Nei motori benzina la rimozione degli inquinanti viene fatta utilizzando il catalizzatore a tre vie (la marmitta catalitica) nel quale opportuni materiali posti all'interno (Platino, Palladio, Rodio) permettono reazioni chimiche (o meglio, permettono che avvengano in un tempo ragionevole) che trasformano CO, HC ed NOx in sostanze non più dannose.

A causa della necessità di far avvenire contemporaneamente nel catalizzatore le reazioni di tutte e 3 le sostanze, l'efficienza del catalizzatore stesso è soddisfacente solo per valori di miscela stechiometrici.

Infatti nei motori benzina è presente la sonda lambda, la quale ha la funzione di mantenere costante, inviando segnali di misurazione dell'aria alla centralina, il rapporto di miscela sul valore stechiometrico.



Nei motori benzina in cui è presente la sonda lambda che mantiene il rapporto aria combustibile intorno a quello stechiometrico pari a 14,7 (area verde nel grafico), viene garantita alta efficienza di conversione di CO, HC e NOx.

In corrispondenza di miscele magre ( $> 14,7$ ), come nel caso dei Diesel, rimane adeguata l'efficienza di smaltimento di CO e HC ma crolla vistosamente quella degli NOx.

Per diminuire gli NOx bisogna ridurre temperature e pressioni in camera, tramite riduzione del rapporto di compressione (nei motori da auto tendenzialmente infatti stanno diminuendo), migliorando il sistema di iniezione (più graduale come permesso dai moderni common rail, con minori picchi di pressione), inserendo un sistema EGR o mediante post-trattamento (sistemi SCR).

Interventi progettuali per ridurre gli HC riguardano il disegno opportuno della camera di combustione per favorire il minor assorbimento di combustibile da parte delle cavità (cercando di ridurle sostanzialmente) e miglioramenti della turbolenza all'interno della camera.

Il particolato viene ridotto con interventi progettuali come migliore polverizzazione del getto e mescolamento con l'aria (intervenendo perciò su sistemi di iniezione e sulla tipologia di turbolenza in camera ad esempio) e con sistemi di post-trattamento (filtri antiparticolato).

Noterete che molti accorgimenti progettuali da adottare sono opposti per quanto riguarda NOx e particolato (PM) e si rischia quindi di diminuire uno per aumentare l'altro e si necessita quindi della ricerca del giusto compromesso (nelle varie situazioni di funzionamento del motore).

Ad esempio favorendo un'adeguata turbolenza nella camera di combustione (dipende dalla conformazione della camera, del condotto di aspirazione e altro) si ottiene una diminuzione dell'emissione di particolato PM e degli HC ma un aumento di NOx.

Inoltre azioni intraprese per limitare lo sviluppo di inquinanti possono andare a diminuire l'efficienza del motore e quindi aumentare consumi e CO2.

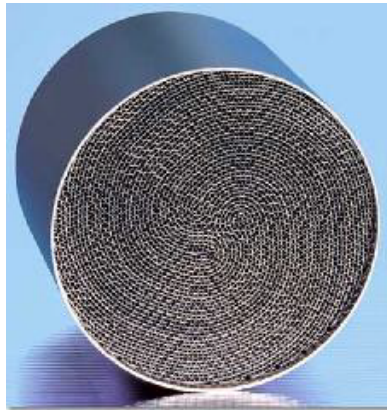
### 4.2.3 Principali sostanze emesse dai motori

#### DISPOSITIVI DI ABBATTIMENTO DEGLI INQUINANTI:

##### CATALIZZATORE OSSIDANTE

Il catalizzatore ossidante permette di ridurre CO ed HC ed è costituito da un involucro metallico contenente una matrice ceramica generalmente a nido d'ape su cui vengono depositati i metalli nobili (platino, palladio, rodio) che rappresentano il materiale catalitico che permette di far avvenire le reazioni desiderate in tempi adeguati.

Struttura interna di un catalizzatore ossidante:



[100] Filtro motore

Esempio di catalizzatore ossidante inserito a monte del filtro antiparticolato:



##### FILTRO ANTIPARTICOLATO (FAP)

Il filtro (o trappola) antiparticolato (FAP, DPF, ecc..) è in pratica un "setaccio" di materiale refrattario che permette di bloccare le particelle che hanno un diametro superiore a quello delle celle di cui è composto il filtro.

Intasandosi progressivamente l'efficienza di rimozione aumenta (diminuisce la sezione di passaggio delle celle) ma dopo in certo tempo

Per evitare tale ricambio, innalzando la temperatura dei gas di scarico, si bruciano le particelle carboniose intrappolate nel filtro, rigenerandolo.

Filtro antiparticolato in sezione:



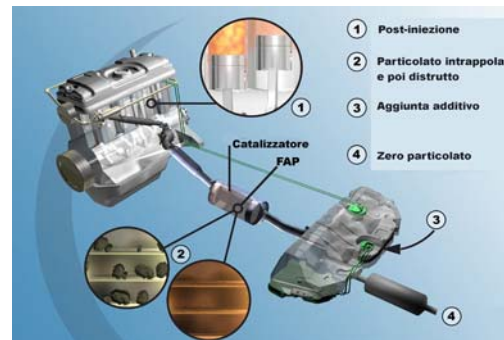
L'intasamento del filtro provoca una differenza di pressione tra l'ingresso e l'uscita dello stesso, che viene misurato tramite sensori di pressione.



Quando la centralina legge una differenza di pressione superiore al valore impostato (filtro intasato), comanda all'iniettore del sistema Common Rail di effettuare una post-iniezione, cioè una iniezione di gasolio aggiuntiva alla fine della combustione, la quale non vi prende parte e va allo scarico, innalzando la temperatura e rigenerando quindi il filtro.

Questa fase di rigenerazione è quella che provoca un incremento temporaneo dei consumi (d'altronde si effettua una ulteriore iniezione di gasolio).

Nel seguente schema possiamo vedere una rappresentazione della fase di rigenerazione del filtro:



[101] Funzionamento iniezione

Alcune tipologie di filtri prevedono l'utilizzo di sostanze catalizzanti (cerio) che permettono di far avvenire la reazione a temperature più basse, richiedendo però manutenzione per ripristinare la quantità di tali sostanze.

Si prevedono nei motori di nuova generazione filtri del tipo "close coupled dpf", cioè posizionati nel condotto di scarico più vicino alla testata, in modo da lavorare a temperatura maggiore per una più agevole rigenerazione (fase nella quale a volte si sono riscontrati problemi) e ottenere una diminuzione del combustibile necessario a farla avvenire.

#### SISTEMA DI RICIRCOLO DEI GAS DI SCARICO (EGR)

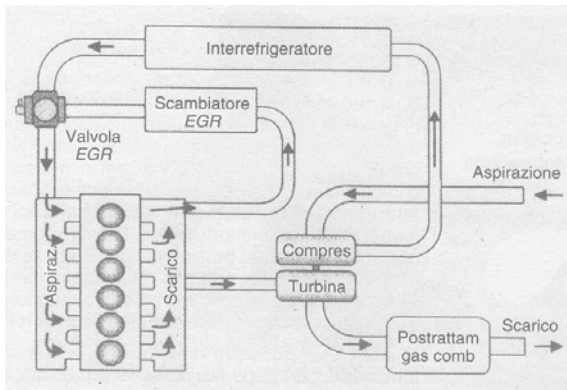
Il sistema EGR cerca di rimuovere gli inquinanti NOx direttamente in camera di combustione, diminuendone la temperatura tramite l'inserimento di gas di scarico che non partecipano alla combustione e diluiscono la miscela aspirata (è quindi un intervento "a monte").

L'EGR può essere di tipo "interno" oppure "esterno".

L'EGR interno realizza, mediante opportuni incroci delle valvole di aspirazione e scarico, il mantenimento di parte dei gas di scarico nella camera insieme alla miscela aspirata che prenderà parte alla combustione.

E' realizzabile se è presente la possibilità di variare la fasatura delle valvole (variante di fase).

Nell'EGR esterno, come si può vedere in figura, i gas dal collettore di scarico (CS) vengono rimandati in quello di aspirazione (CA) sfruttando la differenza di pressione tra i due collettori (creata mediante una valvola o una strozzatura).



[102] Turbina - funzionamento

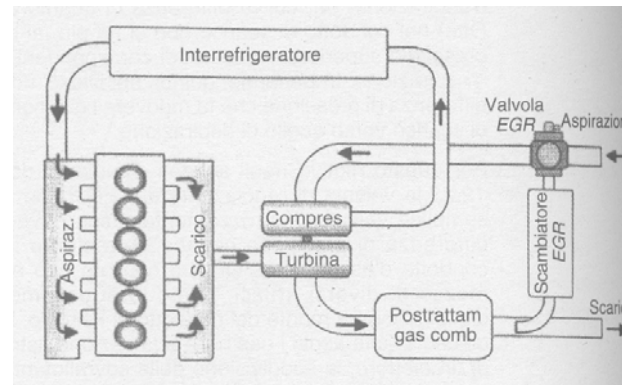
A seconda delle condizioni di funzionamento del motore è necessaria una quantità differente di EGR, pertanto si inserisce una valvola di regolazione, che viene comandata dalla centralina.

Un problema dato dall'EGR è il conseguente aumento del particolato in quanto si rimettono in camera di combustione delle particelle che possono facilmente fungere da centri di agglomerazione per altri residui (come detto in precedenza il PM è composto da particelle carboniose).

L'EGR determina aumento del consumo di combustibile e presenta problemi di imbrattamento delle pareti della camera; altro problema è il fatto che venga aumentata la temperatura dell'aria in ingresso.

Infatti nei moderni sistemi si ha un sistema di raffreddamento con uno scambiatore (EGR cooler) oppure i gas di scarico vengono prelevati in una zona dell'impianto di scarico più vicina all'uscita (quindi a temperatura minore).

In quest'ultimo caso si parla di "long route EGR" o "low pressure".



[103] Aspirazione motore

## RIDUZIONE SELETTIVA CATALITICA (SCR)

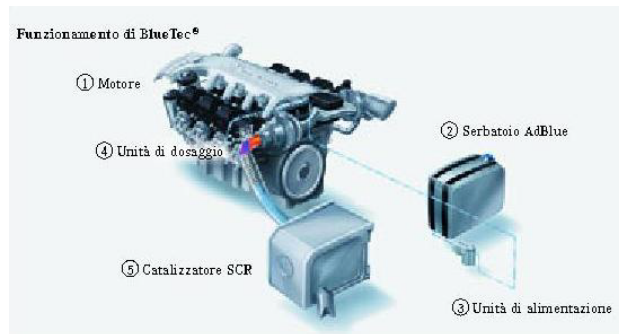
Il sistema SCR permette l'abbattimento degli NOx e prevede l'introduzione di urea, cioè un composto a base di ammoniacale (commercializzato con il nome di AdBlue e contenente il 32,5% di urea), che viene inserito mediante un iniettore all'interno del catalizzatore SCR, su comando della centralina.

Il principio del sistema SCR è di recentissima applicazione nei veicoli ma è conosciuto da anni nelle centrali elettriche e nei grandi motori marini. Deve essere presente un serbatoio di liquido AdBlue che alimenti il sistema ed il catalizzatore viene adeguatamente coibentato per evitare il congelamento dell'additivo (che avviene a -11°).

Essendo una soluzione di urea in acqua demineralizzata, l'additivo AdBlue non è tossico e può essere maneggiato con sicurezza, mentre può essere corrosivo per alcuni metalli e pertanto viene immagazzinato e trasportato con materiali appositi.

L'iniettore utilizzato è di costruzione simile a quella di un iniettore usato nei common rail, al quale vengono adottate alcune modifiche per adeguarlo al tipo di fluido utilizzato, in particolare si utilizzano materiali più resistenti (anelli O-Ring più robusti ed acciaio inossidabile al posto dell'ottone).

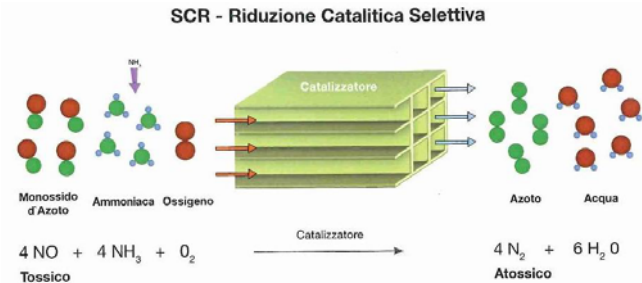
Uno schema a grandi linee di questo post-trattamento di ossidi di azoto è quello fornito ad esempio nell'opuscolo pdf distribuito da Mercedes Benz sezione Truck, dove si può notare come l'unità di alimentazione prelevi l'additivo dal serbatoio (mediante una pompa) e lo convogli all'unità di dosaggio che provvede a iniettarlo nei gas di scarico caldi, che attraverseranno poi il catalizzatore.



[104] immagine motore mercedes / <http://truck.mercedes-benz.it/download/pdf/Adblue.pdf>

I gas di scarico, quindi, prima di entrare nel catalizzatore SCR attraversano un mixer all'interno del quale vengono miscelati con l'additivo, iniettato dall'apposito iniettore, allo scopo di trasformare l'AdBlue in ammoniaca mediante processo di idrolisi.

All'interno del catalizzatore, l'ammoniaca permette la reazione degli ossidi di azoto con l'ossigeno mediante la seguente reazione:



[105]immagine tratto dal <http://www.ctm.it/pdf/Catalogo%20ITA.pdf>

Allo scarico si ottengono pertanto azoto ed acqua.

A valle dell'SCR è presente un sensore di ossidi di azoto, che fornisce alla centralina informazioni sulla quantità di additivo da iniettare nel ciclo successivo.

La quantità di AdBlue necessaria è stimata pari al 3-5% del consumo di gasolio del motore.

Generalmente il catalizzatore SCR viene inserito nel sistema di scarico a valle del catalizzatore ossidante e del filtro antiparticolato.

Possiamo vedere un esempio di dispositivo SCR inserito in un filtro combinato, il quale riunisce anche gli altri sistemi di post-trattamento.

E' reperibile anch'esso in opuscoli pdf di Mercedes Benz sezione EVOBus.



[106] immagine tratto dal <ftp://ftp.mobilitytech.it/Atti/2007/...2030102007.pdf>

Il “condotto di idrolisi” in figura non è altro che il mixer, citato in precedenza. Alcuni costruttori, come ad esempio Iveco, riescono, utilizzando l’SCR, ad evitare l’utilizzo di filtri antiparticolato in certe applicazioni, mediante una progettazione del motore indirizzata alla minor produzione di particolato rispetto a quella di ossidi di azoto che vengono comunque eliminati successivamente nell’SCR.

Si è visto in considerazioni precedenti infatti come sia differente la strategia da adottare a livello motoristico per eliminare alla fonte i due tipi di inquinanti. L’abbattimento delle emissioni mediante sistemi di post-trattamento permette inoltre di ricercare maggiore efficienza del motore, ottenendo un consumo di combustibile (e conseguenti emissioni di CO<sub>2</sub>) inferiore.

#### SWIRL FLAP

Lo Swirl Flap, è una valvola posta nel condotto di aspirazione che serve a modificare in base alla sua posizione il moto detto di “Swirl” all’interno della camera di scoppio.

Per le varie condizioni di funzionamento c’è un valore ottimale di posizione della valvola per quanto riguarda le emissioni di particolato PM ed NO<sub>x</sub>. Pertanto, se è presente nel motore, la sua posizione è regolata in ogni ciclo di funzionamento, dal segnale inviatole dalla centralina.

Questo componente, come anche l’EGR, fa parte degli accorgimenti progettuali per ridurre la formazione di inquinanti, a differenza di catalizzatore ossidante, FAP e SCR che sono sistemi di post-trattamento.



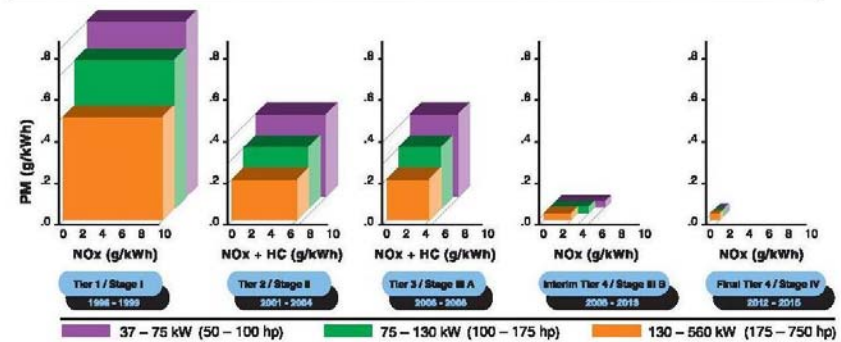
[107] motore parti

#### NORMATIVE DI RIFERIMENTO PER I MEZZI AGRICOLI:

Per dare un’idea dei limiti posti ai costruttori, vediamo le quantità ammesse delle sostanze citate in precedenza in base alle varie normative, riferite a vari intervalli di potenza.

E’ stata presa in un catalogo John Deere e vi sono indicati anche gli anni in cui viene applicata la normativa.

#### EPA AND EU NONROAD EMISSIONS REGULATIONS: 37 – 560 kW (50 – 750 hp)



[108] emissioni motore

La misurazione della quantità di inquinanti viene effettuata facendo compiere al motore prove in condizioni standard seguendo un ciclo prestabilito definito anch’esso dalle normative.

#### CONSIDERAZIONI:

La coperta, come si suol dire, è corta.

Si nota infatti come sia difficile riuscire a coniugare varie esigenze, come riduzione dei consumi (e della CO<sub>2</sub> conseguentemente) e dei vari tipi di inquinanti.

Modificare alcuni parametri si è visto che può andare a favore dell’abbattimento di un inquinante ma allo stesso tempo aumentare l’emissione di un altro.

Un elevato EGR ad esempio riduce notevolmente la quantità di NO<sub>x</sub> ma aumenta l’emissione di particolato PM; diminuire il rapporto di compressione diminuisce le temperature e quindi gli NO<sub>x</sub> ma diminuisce anche il rendimento termodinamico del motore e perciò aumenta i consumi.

Occorre quindi che i progettisti riescano a mettere in campo un mix di soluzioni che utilizzino i metodi e i sistemi visti regolandoli opportunamente tramite la centralina in funzione di tutte le condizioni possibili del motore, evitando quindi difetti di calibrazione tipo “buchi di erogazione” in certe condizioni, mantenendo consumi bassi e garantendo affidabilità al motore.

La centralina ha un ruolo assolutamente centrale in quanto riceve segnali dai sensori e in funzione della mappatura (la cui definizione è una procedura ormai complicata e costosa), per ogni ciclo di funzionamento del motore, regola l'iniezione (quantità di gasolio, durata e sequenza delle iniezioni, eventuali post-iniezioni) e i parametri dei dispositivi antinquinamento (quantità di EGR, quantità di urea da inserire nell'SCR, eventuale rigenerazione del FAP, posizione degli swirl flap, ecc..). Personalmente ritengo che una bella sfida sarà mantenere bassi i consumi viste certe modifiche ai motori che richiedono i limiti di emissione.

La modifica di una normativa può richiedere ai costruttori consistenti variazioni progettuali, perché come si è visto, la riduzione degli inquinanti non viene fatta solo "a valle" utilizzando appositi filtri o dispositivi, ma anche "a monte", modificando ad esempio il rapporto di compressione, la turbolenza nel cilindro, il sistema di iniezione, il controllo della centralina, ecc... Ad esempio modificare certi parametri può portare alla ridefinizione della geometria del pistone, della camera di combustione, dei condotti di aspirazione e scarico, ecc..

La progettazione del motore e le soluzioni adottate hanno come base la normativa di riferimento che devono rispettare; così in campo automobilistico in America circolano già ora Mercedes e Audi dotate di SCR (le normative Diesel americane sono severissime per gli NOx), mentre in Europa i costruttori sperano di riuscire a utilizzare il solo EGR per superare le future EURO 6 (le EURO 5 restringono i limiti di PM ma non quelli di NOx). Per i mezzi agricoli sembra quasi certo l'impiego di sistemi SCR per la riduzione di NOx (unito a filtri antiparticolato per il PM), anche perché il sistema SCR non sembra avere effetto penalizzante sui consumi di combustibile (molto importanti per le aziende), a differenza di un massiccio uso di ricircolo di gas di scarico EGR.



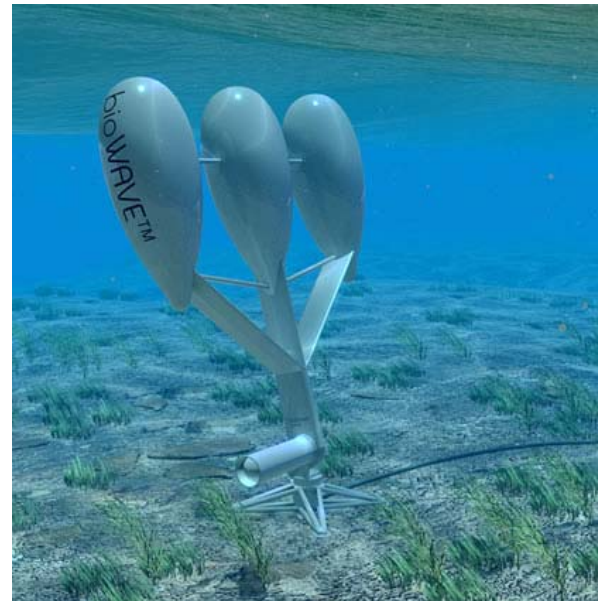
[111] oil plant disaster meico gulf BP oil plant explosion



[109] oil plant disaster meico gulf BP oil plant explosion



[110] sostenibilità ambientale



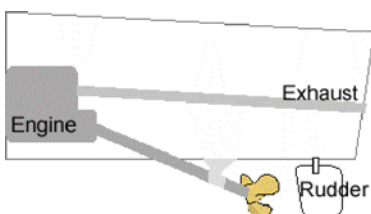
[112] Progetto biowave: Il biomimetismo, progettare su modelli suggeriti dalla natura

## 4.3 Motori entro bordo

In questo capitolo inizieremo a classificare i motori marini per i loro posizionamenti di installazione sulle imbarcazioni. Possiamo in breve fare una classifica comè;

- motori entro bordo
- motori fuoribordo
- motori entrofuoribordo

Se volessimo classificare i motori migliori per potenza, allora potremmo benissimo affermare che i motori entro bordo sono quelli che hanno il dominio assoluto. Non è un caso che quando si ha bisogno di grosse potenze, si sceglie verso per questa opzione. Di certo avrà grandi potenze come potenzialità, ma gli svantaggi si traducono in poca praticità di realizzazione e gestione, seppur si tratti di un componente semplice. Infatti, adottare un motore entro bordo significa poi realizzare un'elica che si adatti allo scafo e alla potenza del motore stesso che la muoverà.



[113] Motore marino diesel entro bordo, Yanmar



[114] Motore marino diesel entro bordo, Yanmar

Nella figura in basso a destra è schematizzato il sistema di trasmissione del moto utilizzato nelle barche con entro bordo in linea d'asse (il nome indica che la trasmissione è in asse con il motore, senza rinvii angolari, come ad esempio nei fuoribordo. Si ricordi che negli esami per la patente nautica si dovrà utilizzare questo tipo di imbarcazione).

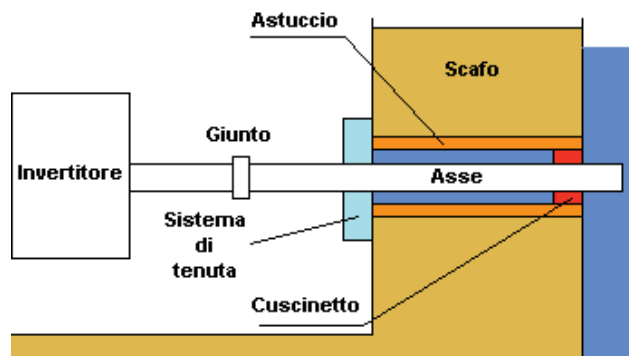
All'uscita del motore si trova l'invertitore (meccanico o idraulico) che consente di invertire il senso di rotazione dell'elica (simile al cambio delle auto, con solo marcia avanti e in dietro), segue, a volte, un giunto cardanico che ha il compito di consentire una certa angolazione tra l'asse del motore e quello dell'elica.

La presenza del cardano elimina i problemi di allineamento del motore anche se aumenta le vibrazioni (vedi Nota 1 in pg succ.).

Dopo l'eventuale giunto cardanico l'asse attraversa lo scafo, tramite un astuccio metallico inserito nella vetroresina, e, dopo un cuscinetto reggispinna, supporta l'elica.

Naturalmente all'interno della sentina, viene montato un sistema di tenuta per impedire l'ingresso dell'acqua dall'astuccio. Tale sistema costituisce uno dei punti più delicati della trasmissione, infatti deve sopportare le vibrazioni, gli eventuali disassamenti e l'usura conseguente alla rotazione, senza consentire un eccessivo ingresso d'acqua che, come minimo, causa danni al motore.

Nel seguito sono descritti i principali tipi di sistemi di tenuta utilizzati nelle imbarcazioni da diporto. Nei relativi schemi, per semplicità, sono omessi l'astuccio e il cuscinetto, comunque sempre presenti.



[115] Motore marino diesel entro bordo, Yanmar



Nella figura a lato e' schematizzato il sistema piu' antico, costituito da una parte fissa (F) ed una mobile (M) con interposta una guarnizione (in colore rosso) costituita da corda impregnata di grasso. Le due parti sono unite da due bulloni che consentono di regolarne la distanza e quindi la compressione della corda. La zona di frizione e' lubrificata da una presa d'acqua, essenziale per avere una buona durata della tenuta. Il sistema e' molto affidabile e di facile manutenzione (cosa che non guasta in caso di avaria in mare) ma deve essere montato seguendo alcune semplici regole.

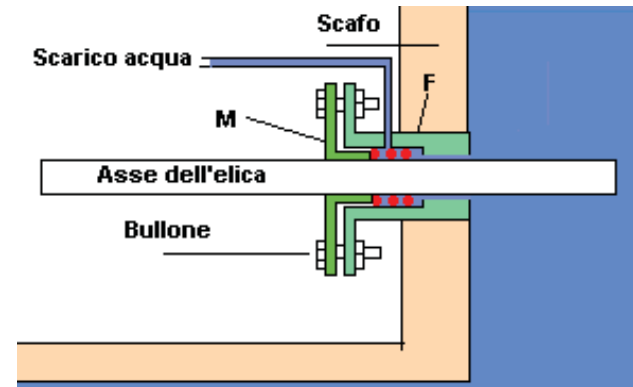
E' essenziale che non si abbiano surriscaldamenti e che il cordino che costituisce la guarnizione sia sempre bagnato. La soluzione migliore (vedi figura) consiste nel prelevare una piccola parte dell'acqua di scarico del motore e di immetterla sul cordino (diversi motori marini o marinizzati, proprio a questo scopo, sono provvisti di una presa d'acqua di scarico). In alcuni casi, quando l'astuccio e' molto corto (vedi figura precedente) questa circolazione forzata non e' necessaria in quanto e' sufficiente il raffreddamento naturale, anche se in ogni caso si ha un consumo della guarnizione piu' rapido.

Come accennato la guarnizione e' costituita da 3-4 giri di cordino (si trova in tutti i negozi di nautica ma occorre conoscere la misura di quello utilizzato) avvolti sull'asse tra la parte fissa e quella mobile della Baderna (e' il nome di questo sistema di tenuta).

Nel caso si abbia un eccessivo ingresso d'acqua e' sufficiente stringere, con molta cautela per non bloccare l'asse, i due bulloni di regolazione fino a ripristinare la corretta tenuta. Quando i bulloni sono a fine corsa significa che il cordino e' consumato e occorre aggiungerne.

L'operazione, che puo' essere svolta anche in acqua, consiste nel liberare completamente la parte mobile e nell'avvolgere, sull'asse, 2/3 giri di cordino nuovo. Quindi si richiude il tutto e si avvitano i bulloni di regolazione controllando che l'asse sia completamente libero di ruotare.

Si tenga presente che nei tipi senza circolazione forzata dell'acqua occorre lasciare un minimo gocciolamento per essere sicuri della lubrificazione (una goccia al minuto), per quelli con circolazione forzata si puo' regolare il tiro dei bulloni fino ad ottenere una tenuta completa.



[116] Motore marino diesel entro-bordo, Yanmar

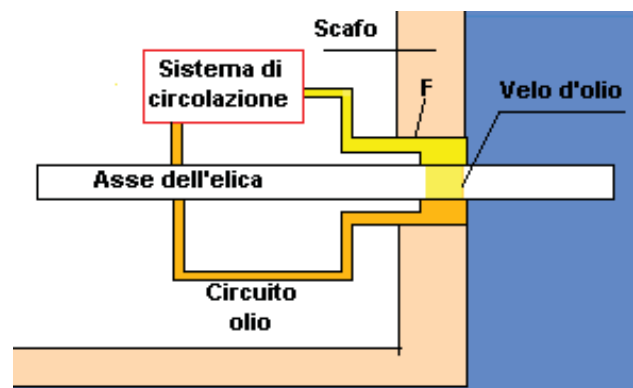
Un secondo sistema, schematizzato nella figura in basso, realizza la tenuta (F) con un velo d'olio.

L'olio e' messo in circolazione dal moto rotatorio dell'asse e dalla differenza di temperatura tra zona della tenuta e serbatoio.

Si tratta di una soluzione alquanto costosa che dovrebbe consentire una lunga durata senza alcuna manutenzione.

Per contro, oltre al costo molto superiore al sistema precedente, presenta notevoli difficoltà in caso di guasto in quanto non consente alcun intervento di emergenza. Una variante, parimenti costosa, prevede, al posto della circolazione d'olio, un cuscinetto realizzato in ceramica che dovrebbe assicurare la tenuta anche con forti surriscaldamenti.

Anche in questo caso non si ha alcuna possibilità di intervento in caso di avaria, se non quello di accendere le pompe di sentina e sperare nella durata delle batterie.



[117] Motore marino diesel entro-bordo, Yanmar

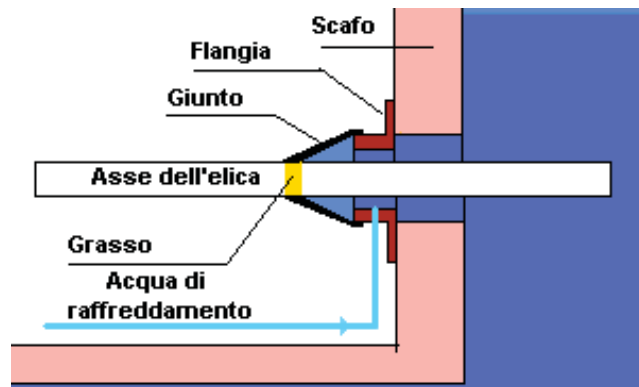
Un ultimo sistema, molto diffuso nelle piccole imbarcazioni, e' costituito da un manicotto di gomma con una serie di tenute interne.

Il costo e' limitato e facile da montare, ma presenta il grande difetto del sistema precedente, cioe' l'impossibilita' di intervenire in caso di guasto durante la navigazione.

La tenuta e' assicurata da un velo di grasso ( fornito dal costruttore) da inserire ogni volta che l'imbarcazione e' tirata in secco.

Nella forma piu' semplice non e' prevista alcuna circolazione d'acqua, occorre solo spurgare l'aria che rimane nel manicotto subito dopo il varo ( l'operazione consiste nello stringere la parte in gomma fino a far uscire alcune gocce d'acqua).

Comunque, anche se non prevista dal costruttore, e' opportuno montare la circolazione d'acqua di scarico ( come per la Baderna) che assicura un buon raffreddamento anche in caso di astuccio molto lungo che limita la circolazione dell'acqua di mare nella zona della tenuta.



[118] Motore marino diesel entrobordo, Yanmar

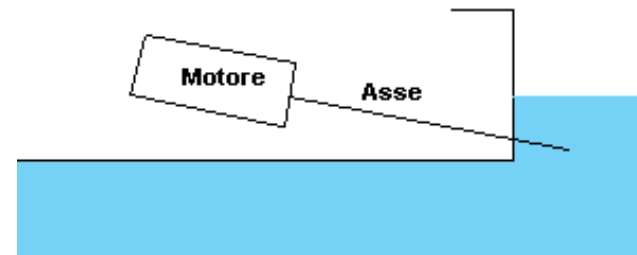
#### Nota 1

#### Sistemazione motore e asse elica nelle imbarcazione entrobordo

Il giunto cardanico ( dal nome dell'inventore Cardano) e' un sistema che consente di accoppiare due alberi rotanti anche se non in linea tra loro.

Negli schemi precedenti il motore e l'asse dell'elica sono stati disegnati, per semplicita', perfettamente orizzontali. In realta' cio' non e' possibile, l'asse dell'elica e' sempre piu' o meno inclinato ( questo dipende dalla forma e dalle dimensioni dello scafo), quindi l'esatta sistemazione e' quella mostrata nella prima figura.

Come appare evidente e' necessario allineare il motore sull'asse dell'elica che e' inclinato rispetto alla linea orizzontale, l'operazione non e' molto semplice ed eventuali errori generano vibrazioni anomale, consumo dei cuscinetti e dei sistemi di tenuta.



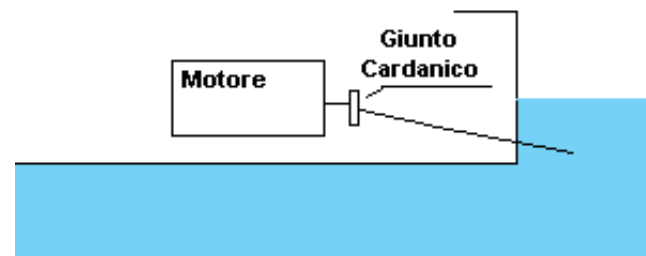
[119] Motore marino diesel entrobordo, Yanmar

Con l'interposizione di un giunto cardanico l'asse del motore e quello dell'elica possono non essere in linea e possono formare un angolo anche molto grande, come mostrato nella seconda figura.

Cio' consente di montare il motore perfettamente orizzontale e di collegare l'asse dell'elica qualunque sia la sua inclinazione.

Oltre ai vantaggi nell'allineamento del motore si ha una minore sollecitazione sugli organi di tenuta, quindi una maggiore durata e affidabilita'.

Naturalmente anche questo sistema ha dei punti sfavorevoli, quali: il costo, la necessita' di prevedere dei cuscinetti per sostenere l'asse dell'elica non piu' collegato al motore ( o meglio all'invertitore), l'aumento delle vibrazioni dovuto alle masse del giunto in rotazione.



[120] Motore marino diesel entrobordo, Yanmar

## 4.4 Motori fuoribordo

In questo caso è tutto molto più semplice, a cominciare dall'installazione del motore stesso. Basta infatti che la progettazione dello scafo permetta di montare un motore fuoribordo e tutto si risolve facilmente, facendo un buco nella sagoma predisposta nello specchio della poppa e il gioco è fatto. Inoltre, i motori fuoribordo sono anche quelli più economici e stanno subendo un'evoluzione che li mette in netta concorrenza anche con i motori entro bordo, che sono molto costosi e più pesanti. Si tratta comunque di motori ottimi, che tra l'altro si possono sostituire quando e come si vuole, senza particolari problemi a livello pratico e burocratico.

Il movimento (vedi figura a lato) è trasmesso all'elica tramite un asse interno al gambo del fuoribordo e da una coppia di ingranaggi conici, necessari in quanto l'asse del motore e quello dell'elica sono a 90°, immersi in bagno d'olio.

La tenuta è realizzata con una guarnizione sul piede, la cui manutenzione, raramente necessaria prima di molte ore di moto, richiede pratica ed alcune attrezzature meccaniche.

Per il sistema di trasmissione del moto, l'unica manutenzione periodica è la sostituzione dell'olio del piede che si effettua tramite due fori chiusi con un bullone. Quello inferiore serve allo scarico mentre quello superiore è per il rabbocco.

Durante l'operazione di sostituzione dell'olio (da effettuare almeno una volta a stagione) occorre controllare che non vi sia acqua emulsionata, la cui presenza indica la necessità di sostituire la guarnizione di tenuta.

La sostituzione dell'olio di trasmissione conviene effettuarla a fine stagione, dopo il lavaggio in acqua dolce o al superamento di 100 ore di moto.



[122] Varietà di motori fuoribordo



[121] Trasmissione moto fuoribordo



Mercury portable outboards range from 2.5hp to 15hp. Click on the motor for details.

RTR Tech electric power ranges from 38lb's thrust to 55lb's. Click on the motor for details.

[123] Varietà di motori fuoribordo



Esempi di diversi tipi di installazioni dei motori fuoribordo e i componenti di fissaggio



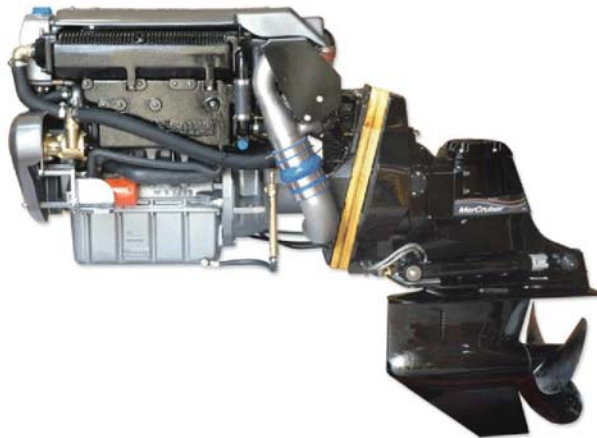
[fig. 28] progetto done with design schools  
 [fig. 28] progetto done with design schools

[124] Insieme di applicazioni motore elettrico fuoribordo

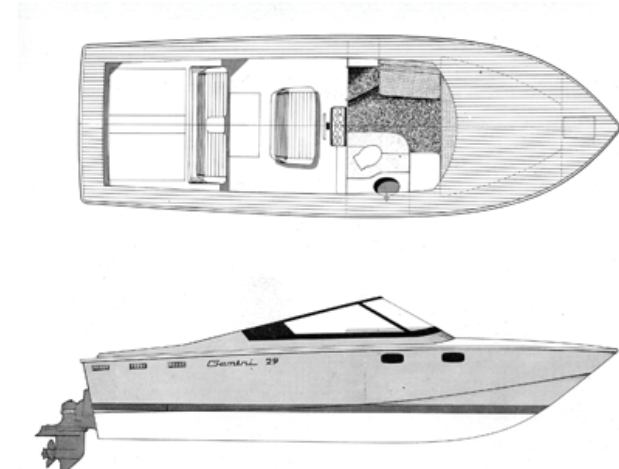
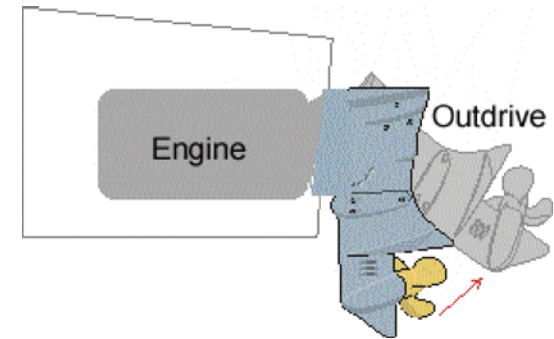
## 4.5 Motori entrofuoribordo

Così come per l'entro bordo, i motori entrofuoribordo sono quelli che per sostituirli dovrete un po' vedervela con la burocrazia, poiché lo scafo e questi due tipi di motori sono più legati sia tecnicamente che legalmente. Quest'ultima soluzione prevede che il motore sia installato all'interno della poppa in modo orizzontale. Può avere una o due eliche controrotanti. Tutto è realizzato con estrema precisione e minuzia dei particolari, quindi in fase di montaggio serviranno solamente poche regolazioni, alla portata di chiunque abbia un minimo di praticità.

Qualsiasi soluzione si scelga, il motore dell'imbarcazione deve sempre tenuto bene, tramite una costante manutenzione, con interventi programmati che salvaguardano la vita del vostro motore e che possono evitare spiacevoli inconvenienti mentre si è in navigazione. A tal proposito è bene: verificare spesso il sistema di raffreddamento, lo stato d'usura del sistema di scarico e la tenuta dell'asse dell'elica.



[125] Entrofuoribordo



[126] Applicazioni entrofuoribordo

## 4.6 Motori termici

In questo capitolo classifichiamo i motori marini per la loro funzione, tipologia e struttura interna.

I motori termici sono i motori a combustione interna che per il funzionamento necessitano una risorsa energetica come il carburante.

Il motore a combustione interna (MCI) o motore endotermico è un particolare motore termico nel quale avviene la combustione di una miscela composta da un carburante (benzina) o un combustibile (gasolio, metano, GPL, cherosene ...) e un comburente (aria) all'interno di una camera di combustione, i quali vengono immessi tramite un impianto d'alimentazione. Il calore prodotto è trasformato in lavoro meccanico, mentre il prodotto della combustione è espulso attraverso un impianto di scarico.

L'invenzione può essere ricondotta ad Eugenio Barsanti e Felice Matteucci che già nel 1853 ne dettatarono il funzionamento e la costruzione in documenti e brevetti depositati in diversi paesi europei (Gran Bretagna, Francia, Italia e Germania).

Nei primi prototipi mancava la fase di compressione, ovvero la fase di aspirazione terminava precocemente con la chiusura della valvola di aspirazione prima che il pistone raggiungesse metà corsa, al che scoccava la scintilla e la combustione spingeva il pistone per la restante corsa, approfittando poi della depressione per farlo risalire. Come si può dedurre, questo ciclo era davvero poco efficiente. A rendere il motore a combustione interna efficiente fu l'introduzione della fase di compressione.

Le prime applicazioni pratiche dei motori a combustione interna furono come motori marini fuoribordo. Questo perché il principale impedimento all'applicazione pratica del motore a combustione interna in veicoli terrestri era il fatto che, a differenza del motore a vapore, non poteva partire da fermo. I motori marini non risentono di questo problema, essendo le eliche esenti da un rilevante momento di inerzia. Dopo anni di sperimentazioni, solo nel 1899 apparvero delle vere frizioni in grado di far partire un veicolo terrestre da fermo senza doverlo spingere manualmente.

Tutti i motori a combustione interna si basano sul processo chimico esotermico della combustione: la reazione di un carburante con un comburente, normalmente aria.

### Principi di funzionamento

I carburanti più utilizzati oggi sono composti da idrocarburi e sono derivati dal petrolio. I più noti sono benzina, gasolio, metano e GPL. Recentemente sono stati sviluppati prototipi che possono utilizzare anche idrogeno (sia gassoso, sia liquido). La maggior parte dei motori a combustione interna progettati per funzionare a benzina possono bruciare anche metano o GPL senza modifiche a parte quelle necessarie per l'impianto di alimentazione.

I motori a combustione interna vengono classificati in base al sistema di accensione utilizzato per provocare la combustione in motori ad accensione comandata o ad accensione spontanea.

Nei motori ad accensione comandata di solito l'accensione viene comandata attraverso una scintilla ad alta tensione che scocca nella miscela aria-combustibile all'interno del cilindro. La scintilla viene prodotta attraverso una bobina alimentata da una batteria che può essere ricaricata durante il funzionamento attraverso un alternatore trascinato dal motore. Inoltre per l'avvio del motore in condizioni di temperatura esterna e del motore stesso relativamente basse, si utilizza un sistema che serve a garantire un avvio più facile, chiamato starter.

Nei motori ad accensione spontanea (detti anche motori Diesel) il combustibile viene iniettato nell'aria compressa nei cilindri del motore e la combustione si innesca a causa delle condizioni di pressione e di temperatura dell'aria stessa.

L'energia dei prodotti di combustione, i gas combusti, è superiore all'energia originale dell'aria e del carburante (che avevano una maggiore energia chimica) e si manifesta attraverso un'elevata temperatura e pressione che vengono trasformate in lavoro meccanico dal motore. Nei motori alternativi, è la pressione dei gas combusti a spingere i pistoni all'interno dei cilindri del motore.

Recuperata l'energia, i gas combusti vengono eliminati (spesso attraverso una valvola di scarico) talvolta dopo essere passati attraverso una turbina a gas che recupera una piccola quantità di energia, comunque sufficiente a comprimere l'aria comburente. Al termine di questa fase il pistone torna nella posizione di punto morto superiore. Tutto il calore non trasformato in lavoro deve essere eliminato dal motore attraverso un sistema di raffreddamento ad aria o a liquido.

#### 4.6.7 Motori a idrogeno

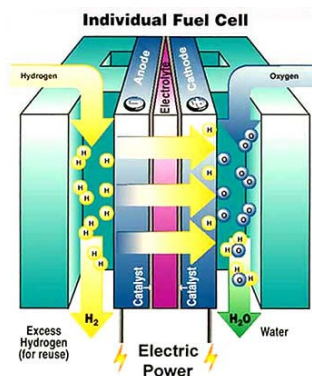
Il funzionamento dei motori a idrogeno si basa semplicemente sull'unione dell'idrogeno e dell'ossigeno dando luogo nuovamente all'acqua  $H_2O$  liberando energia pronta per l'uso. Su questo processo sono basate le "celle a combustibile" (dette fuel cell). Le emissioni di scarto del processo sono assolutamente non inquinanti, trattandosi di acqua calda e vapore acqueo.

Come funziona una cella a combustibile? Una fuel cell riceve in entrata due flussi: idrogeno dal polo negativo e ossigeno dal polo positivo. Nel momento in cui gli atomi di idrogeno entrano in contatto con il catalizzatore gli elettroni si separano dal nucleo, generando energia elettrica, spostandosi verso il polo positivo dove si uniscono agli atomi di ossigeno caricandoli negativamente. Dopo il passaggio attraverso la membrana, i protoni e gli elettroni sono esposti all'ossigeno dell'aria, e si traducono nella creazione di acqua e una piccola quantità di calore. Il processo elettrochimico è completamente privo di inquinamento. Il processo termina con il passaggio delle molecole di idrogeno (positive) verso quelle di ossigeno (negative) dalla cui reazione chimica si forma l'acqua.

Nel settore della mobilità le cant stanno seguendo due diverse strade:

- motore elettrico "fuel cell" (in fase di approvazioni - test di propulsione)
- motore a "combustione interna" in grado di utilizzare l'idrogeno come carburante. Questi motori utilizzano l'idrogeno liquido.

In entrambi i casi le emissioni di scarto sono assolutamente non inquinanti. Dal punto di vista progettuale la principale criticità dell'utilizzo dell'idrogeno resta la sua elevata infiammabilità. I serbatoi devono pertanto consentire maggiori standard di sicurezza rispetto ai tradizionali serbatoi diesel o benzina. Nel caso dell'idrogeno liquido i serbatoi devono mantenere il carburante alla temperatura di  $-253^\circ$ .



Le celle a combustibile sono dei sistemi elettrochimici capaci di convertire l'energia chimica di un combustibile (in genere idrogeno) direttamente in energia elettrica, senza l'intervento intermedio di un ciclo termico e di organi meccanici in movimento, e pertanto presentano rendimenti di conversione più elevati rispetto a quelli delle macchine termiche convenzionali.

Il motore a idrogeno è stato la più attuale rivoluzione nel campo dei trasporti perché molto meno inquinante del motore a benzina. Molte case automobilistiche hanno sviluppato ricerche su questo nuovo motore a energia "pulita" senza purtroppo trovare un prototipo che possa essere prodotto e commercializzato a bassi costi.

L'idrogeno si può ritenere un ottimo combustibile per produrre energia, mediante combustione o "ricongiungimento" chimico con l'ossigeno. Nel primo caso l'idrogeno viene bruciato da solo oppure aggiunto ad altri combustibili; il ricongiungimento chimico tra idrogeno e ossigeno è, invece, alla base della tecnologia delle celle a combustibile (fuel cell), la più utilizzata nella creazione di motori a idrogeno e la migliore dal punto di vista ecologico ed economico. Un altro tipo di motore a idrogeno è il motore a combustione interna a idrogeno liquido, più inquinante e utilizzato per la propulsione delle navette spaziali, in cui l'energia è prodotta dalla combustione chimica dell'idrogeno. In questo caso tuttavia il processo di liquefazione dell'idrogeno, che avviene a temperature bassissime, provoca un'eccessiva emissione di gas serra.

Funzionamento delle celle a combustibile

La cella a combustibile è un generatore elettrochimico in cui vengono mischiati un combustibile, nel nostro caso l'idrogeno, e un ossidante, l'ossigeno in questo caso, e da cui si ricavano corrente elettrica continua, acqua e calore.

Una cella a combustibile funziona in modo analogo a una batteria, in quanto produce energia elettrica attraverso un processo elettrochimico, a differenza di quest'ultima tuttavia consuma sostanze provenienti dall'esterno ed è quindi in grado di funzionare senza interruzioni, finché al sistema viene fornito combustibile (idrogeno) e ossidante (ossigeno o aria), mentre la batteria deve essere ricaricata. Poiché una singola cella fornisce ai morsetti una tensione di circa 0,6 V, è necessario collegare più celle in serie, fino ad ottenere la tensione desiderata.

## Vantaggi

Brucciare idrogeno con aria in condizioni appropriate all'interno di motori a combustione o turbine a gas determina una notevole riduzione delle emissioni. Celle a combustibile

Elevata efficienza: la conversione diretta di combustibile in energia attraverso una reazione elettrochimica, consente alla cella a combustibile di ottenere, a parità di combustibile, una potenza superiore rispetto alla tradizionale combustione. La produzione di energia attraverso una combustione avviene in stadi successivi: prima il combustibile viene convertito in calore e questo in energia meccanica che viene utilizzata da una macchina motrice come una turbina per produrre energia. In questo processo vanno considerate le perdite esterne di calore e di attrito, che abbassano l'efficienza globale del processo. Il rendimento elettrico è superiore a quello degli impianti convenzionali, con valori che vanno dal 40-48% (riferito al potere calorifico inferiore del combustibile) per gli impianti con celle a bassa temperatura, fino a raggiungere oltre il 60% per quelli con celle ad alta temperatura.

Emissioni ridotte: Se l'idrogeno è il combustibile usato nella cella a combustibile, gli unici coprodotti sono calore, acqua ed energia elettrica, mentre la combustione di combustibili fossili produce anidride carbonica, NOx, SOx e particolati.

Il ridottissimo impatto ambientale, sia dal punto di vista delle emissioni gassose sia di quelle acustiche, consente di collocare gli impianti anche in aree residenziali e richiede pochi permessi governativi.

Se l'idrogeno utilizzato nella cella a combustibile è prodotto da fonti rinnovabili, viene eliminato il danno ambientale associato all'estrazione dei combustibili fossili dai giacimenti.

Flessibilità relativa alla tipologia di combustibile: una cella a combustibile può lavorare con idrogeno proveniente da qualunque combustibile fossile oggi disponibile. Ha inoltre la possibilità di utilizzare un'ampia gamma di combustibili quali gas naturale, metano, metanolo.

Una cella a combustibile lavora in un range di temperatura che va da 80°C fino a 1000°C. Tali valori sono nettamente inferiori ai 2300°C che si raggiungono all'interno dei motori a combustione.

Il calore esotermico della reazione elettrochimica può essere riutilizzato per riscaldare l'acqua o per soddisfare il fabbisogno di riscaldamento o di raffreddamento. Questo riutilizzo di calore aumenta l'efficienza di una cella a combustibile fino al 90%.

Il funzionamento di una cella a combustibile non prevede alcun organo di movimento. Ciò determina un progetto più semplice, una maggiore affidabilità e silenziosità.

## Svantaggi

Gli svantaggi derivanti da queste tecnologie sono sostanzialmente la difficoltà di reperire il carburante, i fondi necessari per costruire impianti, nonché la difficoltà nel trovare i componenti degli stessi.

Da non trascurare è anche il fatto che la produzione di idrogeno tramite fonti energetiche tradizionali ha come scarto sostanze inquinanti.

Sfruttamento simultaneo di più fonti di energia

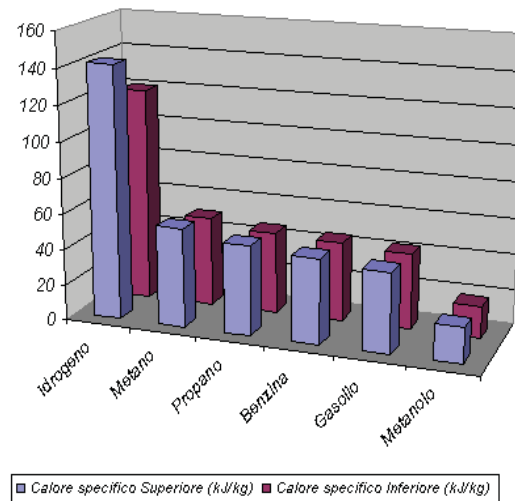
Le celle a combustibile ad idrogeno possono essere sfruttate in un impianto cogenerativo domestico, in cui vi è produzione congiunta e contemporanea di energia elettrica e calore. Tali impianti collegano tra loro diverse fonti energetiche in modo da assicurare una disponibilità di energia durante tutta la giornata. Un esempio pratico di applicazione può essere il combinare un sistema a pannelli fotovoltaici e generatori a pale eoliche con una cella a combustibile. In questo modo sarà possibile avere disponibilità di energia elettrica in ogni condizione atmosferica, sfruttando il sole e il vento, quando possibile, e immagazzinando la sovrapproduzione sotto forma di idrogeno; questo costituirà la nostra scorta di energia, utilizzabile sia nel caso in cui vengano a mancare altre fonti, sia come combustibile all'interno di un'automobile. Più in dettaglio, durante il giorno sarà possibile utilizzare l'energia solare sia per il riscaldamento domestico, sia, abbinata all'energia eolica, per produrre energia durante la sera e la notte, quando cioè non è più possibile sfruttare l'energia fornita dal sole. Ad oggi i maggiori impedimenti a questo tipo di strutture domestiche sono gli elevati costi di stoccaggio, nonché la potenziale pericolosità di un gas altamente infiammabile come l'idrogeno. Questo stesso processo di produzione energetica può essere applicato, oltre che a case ecologiche, anche a edifici di grandi dimensioni; ne è un esempio il grattacielo di prossima costruzione a Dubai, alto 250 metri, con piani rotanti staccati uno dall'altro, così da potersi muovere in modo indipendente.

Costi

Il mercato delle celle a combustibile non è ancora una realtà consolidata. Le celle a combustibile di piccola dimensione, utilizzabili come accumulatori di elettricità per le emergenze a livello domestico variano tra i 700 e i 400 euro a seconda delle caratteristiche e delle prestazioni.



La tabella a fianco mostra il contenuto energetico di alcuni combustibili di uso comune:



[139] Confronto combustibili

L'idrogeno, a parità di peso contiene di gran lunga più energia di qualunque altro combustibile usato; L'idrogeno elementare è un gas a bassissima massa molare (2 g/mol), per cui non si accumula nell'atmosfera terrestre dato che l'attrazione gravitazionale non riesce a trattenerlo adeguatamente; la sua leggerezza fa inoltre sì che sia richiesto molto volume per stoccarne piccole quantità.

Un gruppo di studenti ambiziosi del Rensselaer presto risalirà il fiume Hudson, con un motore non inquinante con celle a combustibile a idrogeno. Il gruppo sta progettando di fare più fermate lungo il percorso, in modo da mettere in mostra la loro nave, parlare con la gente interessata, ed illustrare i molti potenziali benefici ambientali ed economici della costruzione di un'economia basata sull'idrogeno.

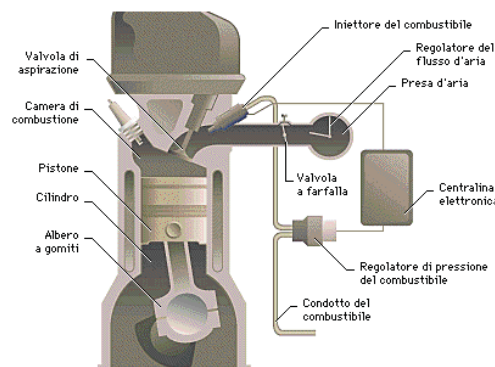
*'Il cuore del progetto è la consapevolezza. E' un modo divertente per insegnare alla gente ad usare l'idrogeno'*

- "William Gathright, studente di dottorato, che ha fondato il gruppo all'inizio del 2009"



[140] Ricerca ed applicazione di William Gathright

Motori a combustione interna in cui il carburante (principalmente gasolio o benzina) viene spruzzato sotto pressione direttamente nella camera di combustione, durante la fase di compressione, o nel condotto di aspirazione, durante la fase di immissione dell'aria nel cilindro. L'iniettore è costituito da una valvola meccanica o elettromagnetica, che regola l'afflusso di carburante, e da un polverizzatore, che lo immette nella camera di combustione nebulizzandolo, così da massimizzarne il contatto con l'aria. Il controllo della quantità di combustibile inviata a ciascun iniettore può essere di tipo meccanico o elettronico. Nel primo caso, una pompa d'iniezione invia il carburante a un distributore-dosatore che, mosso dal motore, lo distribuisce a turno a ciascun iniettore nella giusta quantità, determinata meccanicamente in base alla posizione dell'acceleratore, alla quantità d'aria aspirata e alla pressione nel circuito del carburante. Nei sistemi elettronici, invece, il carburante giunge direttamente agli iniettori: la quantità introdotta è regolata da un comando elettrico, che determina il tempo d'apertura della valvola elettromagnetica di ciascun iniettore. Una centralina elettronica raccoglie i segnali provenienti da diversi sensori, che servono a registrare lo stato di funzionamento del motore, la temperatura e la pressione dell'ambiente e dell'aria nei condotti di aspirazione, e vari altri parametri, come il rapporto stechiometrico aria-benzina della miscela bruciata o la quantità di ossigeno nel tubo di scarico; grazie a queste informazioni, la centralina dispone l'apertura degli iniettori al momento opportuno e per un tempo tale da ottenere una composizione della miscela che favorisca una combustione ottimale. Il primo motore a iniezione fu quello Diesel (1892), mentre nei motori a benzina l'alimentazione a iniezione è stata introdotta negli anni Cinquanta, per ridurre i consumi e l'inquinamento caratteristici del sistema di alimentazione a carburazione.



[127] Alla nostra sinistra, è riportata una foto relativa ad un motore a combustione interna alimentato da un sistema ad iniezione gestito a sua volta da una centralina elettronica

Oramai l'elettronica nei motori a combustione interna è diventata indispensabile appunto perchè è la centralina elettronica che attraverso la gestione di sensori ( temperatura, pressione, rotazione etc ) e l'acquisizione dei dati rileva le grandezze caratteristiche del funzionamento del motore intervenendo poi opportunamente attraverso comandi elettromagnetici ( controllo dell'iniettore ) per migliorarne il funzionamento, aumentarne il rendimento e cosa molto importante diminuire l'emissione di sostanze tossiche altamente inquinanti prodotte nel processo di combustione.

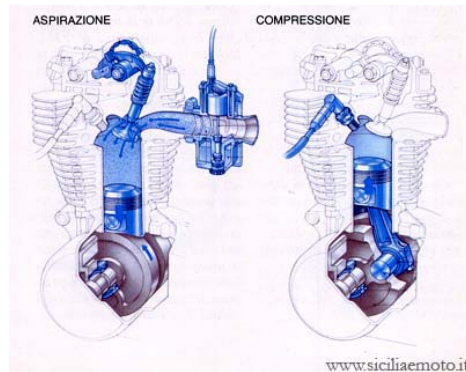
Per diminuire ulteriormente l'emissione di sostanze tossiche, nei motori a combustione interna sono state applicate marmitte catalitiche costituite al loro interno da un materiale di porcellana il quale sotto l'azione dei gas di scarico diventa incandescente e brucia ulteriormente le sostanze tossiche ( come una seconda combustione ) emesse dal motore durante il suo funzionamento.

#### 4.6.1 Motori a quattro tempi

I motori a quattro tempi adottano un ciclo termodinamico di quattro fasi, da cui il nome “a quattro tempi”, che hanno per sistema il cilindro in cui si muove il pistone. Analizziamo la successione delle quattro fasi.

**Aspirazione:** il pistone discende il cilindro allontanandosi così dalla testata dove si apre la valvola di aspirazione. Il moto del pistone crea un aumento di volume che richiama la miscela aria-benzina regolata dal carburatore.

**Compressione:** il pistone raggiunge il “punto morto inferiore” (PMI) e risale, la valvola di aspirazione si chiude e quindi il volume si riduce mentre aumenta la pressione fino ad un valore che rende possibile l'esplosione della benzina.



[128] Aspirazione-compressione

**Scoppio:** quando il pistone raggiunge il “punto morto superiore” (PMS) scocca la scintilla tra gli elettrodi della candela provocando l'accensione della miscela. Questo spinge il pistone verso il basso ed è in questa fase che si genera la forza motrice.

**Scarico:** il pistone raggiunge nuovamente il punto morto inferiore e ricomincia a salire, stavolta però è aperta la valvola di scarico e i gas bruciati sono liberi di uscire.

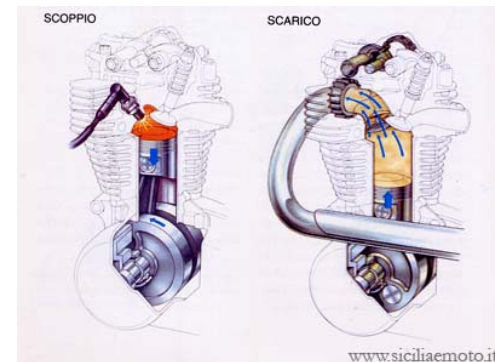
Anche questi a combustione comandata e a carburazione necessitano del sistema di accensione, che nell'ambiente marino, a causa dell'umidità e dell'ossidazione, deve essere tenuto sempre in perfetta efficienza.

Possono essere sia del tipo fuori bordo che entro bordo.

Il ciclo avviene in quattro tempi, quindi hanno un'accensione ogni due giri dell'albero motore.

Sono più complessi dei precedenti in quanto necessitano di un sistema di valvole per comandare l'aspirazione della miscela aria-benzina e hanno un sistema di lubrificazione anche all'interno dei cilindri.

Generalmente hanno un regime di rotazione inferiore a quello dei due tempi e, anche grazie ad una migliore lubrificazione, sono meno soggetti all'usura.



[129] Scoppio - scarico

In verità le valvole si aprono in anticipo rispetto ai punti morti e si chiudono in ritardo rispetto alla fase relativa, così da sfruttare l'inerzia dei gas ed aumentare l'efficienza con cui il pistone richiama gas freschi e libera la camera di scoppio da quelli bruciati. Il valore di questi anticipi e ritardi, in riferimento ai gradi di rotazione del motore, determina il “diagramma” e quindi le prestazioni del motore.

#### 4.6.2 Motori a due tempi

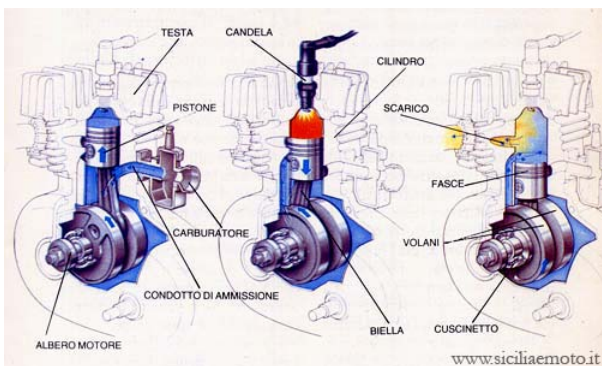
Sono del tipo ad accensione comandata, cioè hanno un sistema elettrico che, tramite le candele, genera una scintilla all'interno del cilindro. Questa scintilla causa la combustione di una miscela di carburante ed aria, già presente nel cilindro, che espandendosi muove il pistone. Si dicono anche a "carburazione" in quanto nel cilindro dove avvera' la combustione deve essere immessa una miscela di carburante ed aria. L'operazione di preparazione di tale miscela si dice carburazione ed e' svolta da un organo, chiamato carburatore, che preleva la benzina ( o meglio, per i due tempi, la miscela olio-benzina) dal serbatoio e la inietta, nebulizzata e nelle giuste proporzioni, nel flusso di aria diretto al cilindro dove avverra' lo scoppio. Il ciclo di funzionamento si svolge in due tempi per cui si ha una combustione del carburante ogni giro dell'albero motore.

Come carburante utilizzano miscela di benzina ed olio ( in percentuale dal 2 fino al 6%, in funzione delle caratteristiche del motore) in quanto non hanno un sistema di lubrificazione dei cilindri.

Sono meno complessi degli altri, meno pesanti, ma hanno, mediamente, un numero di giri piu' alto che si traduce in maggiore usura, un rendimento piu' basso, quindi maggior consumo e tendenza all'ingolfamento a causa dell'olio presente nella benzina.

Sono del tipo fuoribordo e vengono utilizzati per imbarcazioni medio/piccole o come motore di riserva.

Hanno il grande vantaggio di non richiedere il passaggio dell'asse elica attraverso lo scafo.



I motori a due tempi sono meccanicamente semplici e leggeri, doti che lo rendono indicato per scooter e moto di piccola cilindrata, leggere, come quelle da cross. Questi motori sfruttano il pistone come valvola scorrevole per comandare la distribuzione: il passaggio dei gas avviene attraverso apposite aperture della parete del cilindro che il pistone apre e chiude con suo movimento.

La luce (ovvero il condotto) di aspirazione sfocia nella parte inferiore del cilindro in comunicazione con il carter. Il condotto viene aperto dal mantello del pistone quando questo comincia a salire. Poiché il carter è a tenuta, la corsa di salita del pistone crea una depressione che aspira la miscela gassosa proveniente dal carburatore. Dall'altra parte, in quella superiore del cilindro, il pistone comprime i gas aspirati nel ciclo precedente e quando arriva in prossimità del punto morto superiore tra gli elettrodi della candela scocca la scintilla che provoca l'accensione dei gas e la relativa espansione che spinge il pistone nuovamente verso il basso.

Durante questa corsa di discesa, i gas aspirati nel carter vengono compressi mentre, attraverso la luce di scarico, i gas bruciati fuoriescono dal cilindro per immettersi nel condotto di scarico. Questo rende la parte superiore del cilindro ad una pressione inferiore a quella del carter dove sono compressi i cosiddetti gas "freschi", ovvero quelli di aspirazione. Infine il pistone apre la terza luce che mette in comunicazione il carter con la parte superiore del cilindro ed il ciclo ricomincia.

In realtà il motore a due tempi dovrebbe dirsi "motore a due corse", perché i tempi sono sempre quattro ma accoppiati a due a due così da avere un'accensione ad ogni giro del motore. Questi motori risentono dell'incrocio delle fasi molto più dei motori a quattro tempi, l'inerzia dei gas è sfruttata in modo drastico ed il ruolo critico è svolto dalle luci della distribuzione in quanto la loro posizione e forma deve ridurre al minimo la perdita di miscela attraverso lo scarico negli istanti prima che la relativa luce venga chiusa dal pistone nella fase di compressione. A questo si è posto rimedio con la valvola a lamelle.

#### 4.6.3 Motori a diesel (a nafta)

I motori Diesel ( dal nome dell'inventore) sono del tipo a combustione spontanea in quanto l'accensione della miscela aria-carburante (in questo caso olio pesante, nafta) avviene spontaneamente per effetto dell' elevata compressione ( il combustibile, nafta, non e' miscelato nel carburatore ma viene iniettato nei cilindri conteneti gia' la giusta quantita' di aria in compressione e per questo ad una temperatura cosi' elevata da provocare l'accensione. Quindi il Diesel non ha carburatore, al suo posto e' necessaria una pompa per l'iniezione del carburante nel cilindro).

Per la caratteristica del loro funzionamento (accensione spontanea per compressione) i motori Diesel hanno un "rapporto di compressione" piu' alto di quelli ad accensione comandata, quindi organi meccanici piu' robusti con conseguente peso piu' elevato. In compenso non hanno le problematiche del circuito elettrico di accensione proprie dei motori ad accensione comandata, hanno un regime di giri a inferiore e, per motivi termodinamici legati al piu' alto rapporto di compressione, un rendimento migliore ( vedi Nota 1).

Il motore Diesel, nato solo a quattro tempi, attualmente viene prodotto anche a due tempi che per applicazioni navali di una certa potenza consente di applicare meccanismi per l'inversione del senso di rotazione ( questa soluzione e' adottata in quasi tutte le applicazioni di grande potenza, dove i sistemi ad ingranaggi o idraulici utilizzati per invertire il senso del moto non sarebbero applicabili a causa degli sforzi eccessivi, vedi Nota 3).



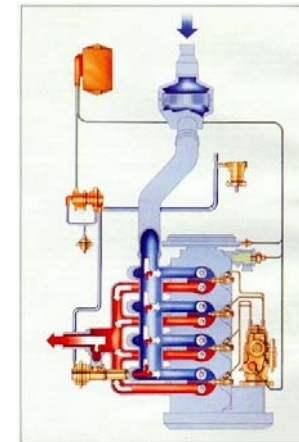
[133] Diesel entrobordo

Fasi di iniezione:

1. preiniezione: viene iniettata una piccola quantità di gasolio che fa da fiamma pilota per la combustione vera e propria.
2. iniezione: si sviluppa in vari step successivi, più ne sono e meglio riesce la totale combustione.
3. postiniezione: viene iniettata una piccola quantità di gasolio a combustione ormai avvenuta in piena fase di espansione. Tale iniezione, è fondamentale per la rigenerazione dei filtri e quindi per l'abbattimento degli inquinanti da combustione incompleta, che nei motori a gasolio sono di particolare pericolosità.



[131] Entrofuoribordo



[132] Combustione interna

I motori Diesel vennero inventati con lo scopo principale di migliorare il rendimento dei motori in relazione ai motori a benzina. Venne così ideato il sistema a "testa calda" che consisteva semplicemente nel fare un'intercapedine sopra la testata. I primi piccoli motori Diesel funzionavano grazie ad una pre-camera dove il combustibile veniva pre-riscaldato grazie ad una candele, prima di essere immesso nella camera di combustione, compresso ad una pressione di 1500 bar. L'attenzione dei progettisti puntò al modo di eliminare il riscaldamento del serbatoio per migliorare la sicurezza dei veicoli e la continuità di rendimento. Passarono moltissimi anni e si arriva fino agli anni '90 quando la casa italiana Fiat ha l'idea di riportare completamente la camera di combustione all'interno del pistone, eliminando la precamera, e sfruttando le nuove pompe iniezione rotative.



#### Nota 1

I motori endotermici sono un meccanismo inventato da oltre 100 anni che, in sostanza, non ha avuto evoluzioni particolari ( si pensi alle trasmissioni che nello stesso tempo hanno compiuto una trasformazione radicale passando dal telegrafo alle immagini digitali via satellite).

Il loro rendimento massimo teorico non puo' superare 0,5, quindi, bene che vada, piu' della meta' della potenza generata viene "buttata via", cioe' dissipata in calore.

Nella realta', considerando tutti gli attriti, la messa a punto non sempre ottimale, le diverse condizioni di utilizzo, il rendimento puo' scendere al 30%,cioe' solo circa un terzo del carburante che si consuma viene trasformato in movimento, il rimanente 70% deve essere dissipato nel sistema di raffreddamento.

#### Nota 2

Per le grandi navi l'espressione : "Macchine indietro" che sentiamo nei films non e' un modo di dire, le macchine ,cioe' i motori, invertono veramente il senso di rotazione, quindi per invertire la direzione di navigazione impiegano molto piu' tempo delle imbarcazioni da diporto dotate di invertitore (l'invertitore e' un sistema meccanico o idraulico simile al cambio, ma solo con marcia avanti e in dietro, per mezzo del quale si inverte il senso del moto senza invertire il senso di rotazione del motore).



[135] Motore marino diesel entrobordo, Yanmar



#### 4.6.4 Motori a gpl

Una soluzione ai consumi nel mondo nautico arriva dal Gpl. Oggi, in Italia, è pronto per essere utilizzato anche nel diportismo. L'argomento è stato dibattuto nelle scorse settimane a Venezia in occasione del Salone Nautico in laguna. I lavori hanno illustrato la normativa recentemente approvata, che consente la realizzazione di stazioni di servizio per il Gpl nautico e l'applicazione dell'alimentazione ecologica alle imbarcazioni. Nell'aprile del 2009 è stata pubblicata la norma Uni En 15609 che stabilisce le specifiche tecniche per la progettazione e costruzione di imbarcazioni e per la conversione a Gpl delle unità già in uso.

La norma, prodotta sotto il mandato della Commissione Europea, è stata già armonizzata nella Direttiva 94/25. Sulla Gazzetta Ufficiale numero 245 del 21 ottobre 2009 il Decreto del Ministero degli interni del 6 ottobre 2009 presenta l'Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti di distribuzione di gas di petrolio liquefatto ad uso nautico.

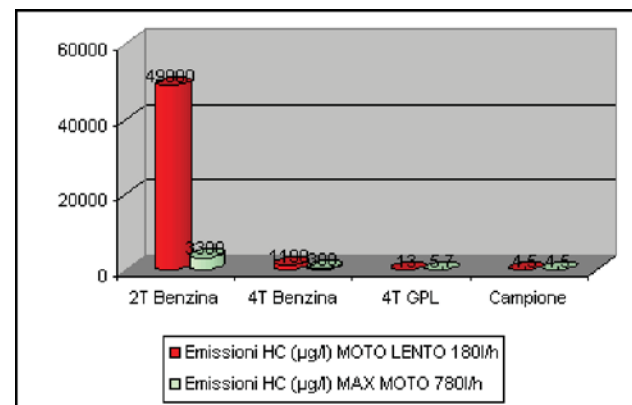
È quindi completo il quadro regolamentare che consentirà l'apertura del mercato a questo carburante ecologico, che potrà contribuire notevolmente al rinnovo del settore della nautica, così come richiesto dalle direttive europee. Le aziende interessate potranno, quindi, applicare la tecnologia dell'alimentazione a Gpl ai motori marini, sia ex fabrica, sia in post-vendita, che saranno riforniti presso impianti di distribuzione dedicati.  
s. pell.

La diffusione del GPL nel settore della nautica può, infatti, contribuire alla riduzione delle emissioni inquinanti e climalteranti, come già avviene su strada per le quattro ruote, salvaguardando così la salute dei fiumi, dei laghi e dei mari e nello stesso tempo aiutando gli utenti a risparmiare sul costo del carburante. Secondo Alessandro Tramontano, direttore del Consorzio Ecogas, "si potrebbe anche pensare a un 10% di natanti a GPL nell'ambito dell'utilizzo diportistico e da lavoro nel giro di qualche anno: si tratta infatti dell'unica alternativa subito disponibile e praticabile."

GPL e metano sono carburanti ecologici, economici e sicuri disponibili da subito per aiutare l'ambiente. Ed è importante incrementarne l'utilizzo anche nel settore nautico, soprattutto alla luce delle nuove normative europee. E' infatti praticamente completo il quadro regolamentare che consentirà l'apertura del mercato nautico al GPL: le aziende interessate potranno applicare la tecnologia di questa alimentazione alternativa ai motori marini, sia ex fabrica sia in post-vendita, riforniti presso impianti di distribuzione dedicati. L'applicazione del GPL alle imbarcazioni da diporto e da lavoro - così come per la corretta fruizione delle aree marine protette - può contribuire notevolmente al rinnovo ecologico del settore nautico.

Il contributo al taglio delle emissioni non si limita alla CO2: diminuiscono drasticamente anche idrocarburi incombusti, emissioni di sostanze organiche nell'acqua e quelle sonore, come ha verificato Primagaz, primaria azienda di distribuzione di GPL a livello europeo, che ha analizzato le emissioni di motori marini a 2 e 4 tempi, a benzina, a gasolio e a GPL.

La tabella sottostante fornita dal Responsabile Sviluppo Progetti della Primagaz Monsieur André Mavro è senza dubbio inequivocabile:



[136] MOTORI FB A CONFRONTO: 2T Benzina, 4T Benzina e 4T GPL Fonte PRIMA GAZ - Direction Marketing & Commerciale / DPR / A. Mavro 02/12/1999

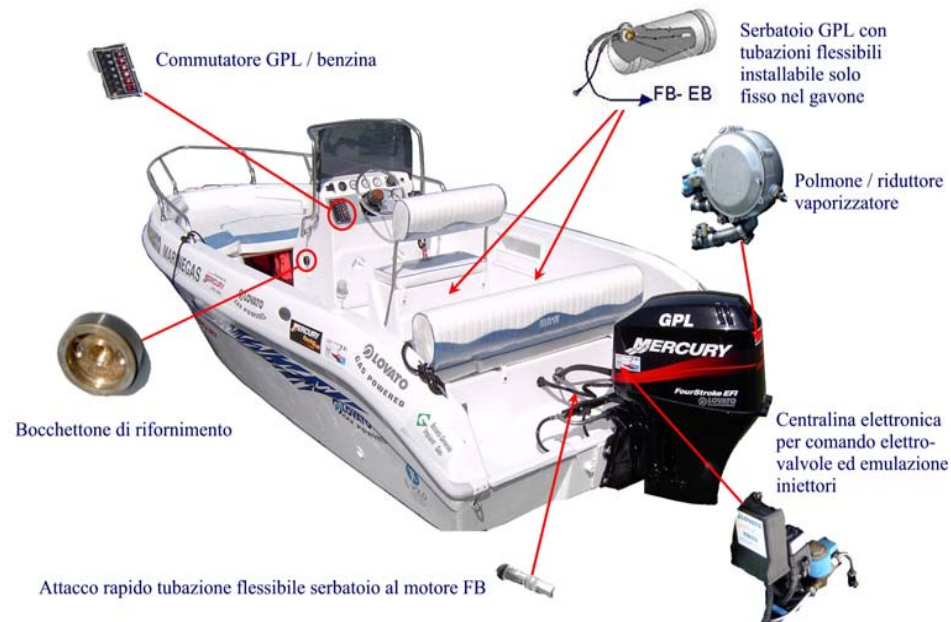
Questo è quanto un motore FB scarica direttamente in acqua, come HC idrocarburi incombusti, tra i quali possiamo annoverare il benzene (addizionato alla benzina verde in percentuale max fino all'1% per aumentare il potere antidetonante della benzina, numero di ottani minimo della benzina verde è infatti di 95, mentre il GPL nella sua "miscela autotrazione" 75% propano e 25%butano può vantare ben 115ottani).

L'alimentazione GPL Marine permette di ridurre di migliaia di volte le emissioni inquinanti rispetto ad un motore 2T di pari potenza, centinaia di volte meno rispetto ad un 4T...l'inquinamento sviluppato al massimo della potenza è solo 1,2mg rispetto al campione preso in considerazione. Le analisi sono state realizzate nei laboratori della municipalità di Parigi, per cui particolarmente affidabili e precisi.

I carburanti ecologici attualmente in commercio in grado di sostituire la benzina verde sono due: il GPL ed il Metano. Il GPL grazie alla sua composizione ed al facile stoccaggio allo stato liquido all'interno di serbatoi appositamente costruiti in base a regolamento ECE/ONU 67/01 (serbatoi autotrazione) o normativa PED/TPED, è senza dubbio quello di più semplice utilizzo, con una serie di vantaggi tecnici :

- 1) mantenimento delle performance del motore marino sia esso fuoribordo che entro-bordo
- 2) abbattimento degli HC incombusti secondo quanto sopra riportato
- 3) dimezzamento del costo di esercizio delle imbarcazioni dato che il GPL ha un costo di 0,50/0,55euro, per cui meno della metà dell'attuale costo della benzina verde o del gasolio.
- 4) maggiore sicurezza a bordo, dato che il serbatoio GPL sia esso fisso che mobile NON ha sfiati, ma contiene sotto pressione il carburante in appositi recipienti appositamente testati e collaudati.

Ecco qui sotto presentato lo schema di conversione di un'imbarcazione di piccole dimensioni come quelle da noi utilizzate nella manifestazione LOVE2005



[137] Conversione di un motore a benzina/diesel al gpl - modello: LOVE2005

#### 4.6.5 Motori a metano

Attualmente i motori a metano e i motori ibridi benzina-metano sono quelli che garantiscono i minori consumi di carburante e le minori emissioni di sostanze inquinanti.

Convertendo un'auto da benzina a gas metano e percorrendo circa 20.000 km annui i costi di gestione si dimezzeranno in cinque anni.

Le basse emissioni di sostanze inquinanti sono dovute alla composizione chimica del metano composto principalmente da idrogeno che durante la combustione produce basse emissioni di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) quantificabile con un -25% rispetto a quelle prodotte dai motori a benzina.

La combustione dei motori a metano non rilascia polveri sottili (PM10) né benzene, produce minori quantità di monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) e idrocarburi incombusti (NMHC).

Grazie a queste caratteristiche le automobili a metano sono classificate come "veicoli a minimo impatto ambientale" e soddisfano anche le severe norme californiane in tema di inquinamento ( ULEV, Ultra Low Emission Vehicle).

Negli ultimi anni diverse città hanno deciso l'utilizzazione di autobus a metano contribuendo in maniera decisa alla riduzione dell'inquinamento urbano.

Gli ostacoli principali alla diffusione di auto equipaggiate con motori a metano derivano dallo scarso numero di distributori, da una mancanza d'attenzione da parte della politica per risolvere tale problema e da probabili problemi d'approvvigionamento dovuti ad una forte dipendenza del fabbisogno italiano da soli tre paesi produttori: Olanda, Algeria e Russia.



[138] Motore marino a gpl presentato da mercury durante il salone nautico 2009



#### 4.6.6 Motori a bioetanolo

I biocarburanti sono prodotti agricoli in grado di sostituire la benzina e il diesel. La loro origine naturale è più facilmente riassorbibile dalla natura e consente di ridurre del 70% le emissioni di gas serra dal trasporto privato e diminuire l'importazione di petrolio dall'estero. Due argomenti presi in seria considerazione dall'Unione Europea che impone a tutti i paesi membri l'obiettivo di soddisfare almeno il 2% della domanda di energia nazionale tramite l'ausilio dei biocarburanti; un obiettivo intermedio per giungere alla copertura finale del 5,75% della domanda entro il 2010.

I vantaggi per l'occupazione. Il carburante biologico apporta una nuova spinta produttiva e occupazionale al settore agricolo nazionale creando una domanda per fini "energetici" dei prodotti agricoli.

Esistono principalmente due biocarburanti: il biodiesel e il bioetanolo. Quest'ultimo è il sostituto vegetale della benzina ed è molto diffuso in Brasile dove sono attualmente vendute automobili Flex in grado di andare sia a benzina sia a bioetanolo.

In conclusione i veicoli ibridi sono costosi ed agli effetti delle eco-compatibilità la migliore soluzione a breve termine sembra ancora quella di utilizzare motori endotermici di tipo convenzionale alimentati a biocombustibili ricavati da biomasse di scarto (come le bagasse di canna da zucchero per il bioetanolo – già molto diffuso in Brasile – oppure da oli vegetali non commestibili per il biodiesel).

Infatti i biocarburanti producono meno emissioni di quelli fossili perché derivano da piante che per crescere utilizzano il CO<sub>2</sub> atmosferico.

#### **Biocombustibili per la nautica**

I biocombustibili si ottengono oggi come segue:

\* Il bioetanolo per motori a ciclo Otto da amidi, zuccheri e cellulosa tramite fermentazione aerobica: dalle bagasse esauste di canna da zucchero se ne ottengono 6,7 litri per ettaro con un saldo energetico positivo dell'88% (vale a dire che l'energia estratta è l'88% di quella necessaria per estrarla).

\* Il biodiesel per transesterificazione di oli vegetali: se ne possono ottenere con le tecniche attuali circa 4 l/ha con un saldo energetico positivo del 50%.

\* Il biogas si ottiene per fermentazione anaerobica.

\* Le biomasse legnose servono come combustibili in caldaie sia domestiche sia per centrali elettriche.

La produzione di bioetanolo è aumentata negli ultimi anni come segue:

\* Usa: 2004 14 MT; 2008 22 MT;

\* Brasile: 2004 14 MT, 2008 17 MT;

\* EU: 2004 2 MT, 2008 6 MT, in Italia nel 2008 solo 1000 T.

Il 2007 è stato un anno critico per il settore in quanto si sono scatenate le lobby ambientaliste che hanno voluto addebitare ai biocombustibili l'aumento dei prezzi di alcuni prodotti agricoli, in primis i cereali, causati peraltro da diversi motivi, come la siccità. Sono d'altronde emerse altre perplessità al loro impiego fra cui principalmente l'incertezza sulla stabilità del costo delle materie prime, soggetto al clima dell'annata, i problemi burocratico-amministrativi e fiscali nonché la constatazione che le terre disponibili a coltivazioni dedicate ai biocombustibili non sono in grado né ora né presumibilmente per il futuro, di sopperire a tutta la richiesta del mercato.

In Europa per esempio sarebbero liberi solo 60 Mha su 180 Mha coltivabili in totale ma vanno rimossi alcune incongruenze poste da Bruxelles ancora pochi anni, indennizzando gli agricoltori per ogni ettaro dismesso volontariamente. Inoltre la fiscalità dei biocombustibili dev'essere tutta riconsiderata alla luce delle provvidenze riservate agli agricoltori che si dedicano alle coltivazioni specifiche.

Ad modo occorre notare che la strategia di sottrarre terreni agricoli alle culture tradizionali va attentamente calibrata in modo da eliminare eccedenze e scarti senza incidere sui prezzi dei prodotti agricoli alimentari. Esistono infatti differenze abissali in diverse parti del mondo: in India tutti i terreni sfruttabili sono già coltivati.

La percentuale di terreno sfruttabile è in alcuni paesi la seguente:

\* Argentina 62%

\* Russia 55%

\* Canada 40%

\* EU 34%

\* Usa e Cina 30%

Va notato che Il presidente Obama ha stanziato 15 G\$ per lo sviluppo delle energie rinnovabili e dei biocarburanti di seconda generazione.

E' infatti su questi ultimi che occorre concentrare gli sforzi della ricerca per migliorare le rese ed i saldi energetici. Una soluzione promettente è quella di impianti combinati di bioetanolo+biodiesel, quest'ultimo ricavato da alghe a rapido accrescimento alimentato dal CO<sub>2</sub> prodotto dalla fermentazione del primo. Gli scarti diventano biogas rimesso in ciclo.

Si calcola che con questa tecnologia si potrebbero ricavare dalla cellulosa annualmente 12,5 T/ha di bioetanolo e 58 T/ha di Biodiesel dalle alghe.

In Italia per produrre in questo modo il 25% di combustibili biologici sul totale consumato occorrerebbero 340.000 ha per il bioetanolo e 100.000 ha per il biodiesel.

## 4.7 Motori elettrici

Motore elettrico

Col termine motore elettrico si definisce una macchina elettrica in cui la potenza di ingresso è di tipo elettrico e quella di uscita è di tipo meccanico, assumendo la funzione di attuatore.

### Tipi di motori elettrici

La divisione classica è tra motori in corrente continua (DC) e in corrente alternata (AC). Tuttavia non è una classificazione estremamente precisa, poiché esistono motori costruttivamente simili ai DC che possono essere alimentati anche in AC, chiamati motori universali. Diverse distinzioni si possono fare in base ad altri riferimenti: per esempio, la distinzione tra motori sincroni (nei quali la frequenza di alimentazione è pari o un multiplo della frequenza di rotazione) e asincroni (in cui le due frequenze sono indipendenti); pertanto di solito le categorie in cui si classifica il motore elettrico sono motore asincrono, motore sincrono o motore in corrente continua.

Ha caratteristiche eccezionali rispetto ai precedenti, quali :

- \* Non inquina
- \* Silenziosita' quasi assoluta
- \* Rendimenti neanche paragonabili con quelli dei motori endotermici ( i motori elettrici possono arrivare molto facilmente al 90%)
- \* Non necessitano di sistemi accessori quali: accensione, carburazione, lubrificazione, raffreddamento

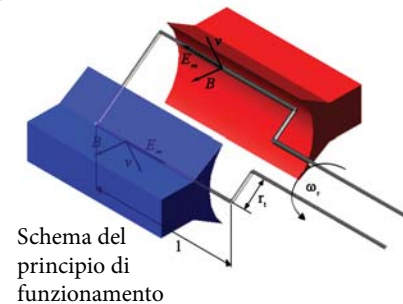
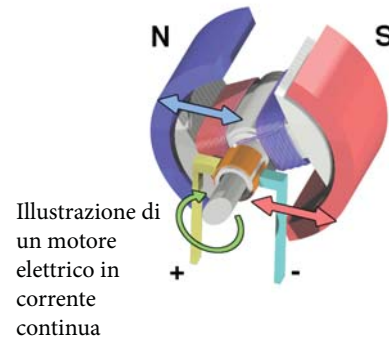
Purtroppo a causa del peso delle batterie e della loro relativamente breve autonomia non possono essere utilizzati per potenze che superino 0,5-1 Hp, quindi sono applicabili solo a piccole imbarcazioni per tratti di navigazione molto brevi.

### Vantaggi

- la leggerezza
- non inquinano
- non fanno rumore
- risparmi non avendo il carburante

### Svantaggi

- hanno una potenza limitata
- poca affidabilità in caso di mare mosso
- devi disporre di un carica batteria a casa
- quelli marini (i migliori) costano quanto uno a scoppio da 4 cavalli.



### Il principio di funzionamento

La corrente elettrica passa in un avvolgimento di spire che si trova nel rotore. Questo avvolgimento, composto da fili di rame, crea un campo elettromagnetico al passaggio di corrente. Questo campo elettromagnetico è immerso in un altro campo magnetico creato dallo statore, il quale è caratterizzato dalla presenza di due o più coppie polari (calamite, elettrocalamite, ecc.). Il rotore per induzione elettromagnetica inizia a girare, in quanto il campo magnetico del rotore tende ad allinearsi a quello dello statore analogamente a quanto avviene per l'ago della bussola che si allinea col campo magnetico terrestre. Durante la rotazione il sistema costituito dalle spazzole e dal collettore commuta l'alimentazione elettrica degli avvolgimenti del rotore in modo che il campo magnetico dello statore e quello del rotore non raggiungano mai l'allineamento perfetto, in tal modo si ottiene la continuità della rotazione.

## 4.8 Motori ibridi & Soluzioni alternative

Sono così chiamati i sistemi che integrano il funzionamento di un motore elettrico ad un motore termico, a combustione interna, quello “classico” che brucia benzina, per capirci. :-)

Non è il motore ad essere ibrido...al limite potremmo chiamare ibridi i motori flexifuel tanto usati in sud America.

Sono i sistemi di propulsione ad essere ibridi, cioè ad usare normalmente 2 tipologie di motori diverse, uno a combustione interna e uno elettrico.

Esistono 3 diversi tipi di “ibrido”

- \* in serie
- \* in parallelo
- \* misto

In serie: il motore termico non è collegato alle ruote, genera corrente per alimentare il motore elettrico che la trasforma in moto, mentre l'energia superflua viene utilizzata per ricaricare le batterie.

Ad oggi sono gli ibridi in serie i veicoli a più alta efficienza che necessitano di continue frenate e ripartenze come le auto in città, autobus compresi.

Alcuni veicoli hanno la particolarità di avere distribuita la potenza elettrica su 4 motori, uno per ogni ruota, con il notevole vantaggio di poter razionalizzare la gestione della trazione in funzione della specifica situazione.

Come contro avremo un notevole peso aggiuntivo nelle “masse sospese”, che solitamente tendono a limitare la guida sportiva nei tratti ricchi di curve.

In parallelo: entrambi i motori (sia elettrico che termico) forniscono coppia alle ruote. Sono entrambi quindi collegati all'asse di trasmissione. Il motore termico può inoltre essere utilizzato per ricaricare le batterie in caso di necessità.

Misto: sistema estremamente versatile che permette di passare dal sistema “in serie” a quello “in parallelo” e viceversa.

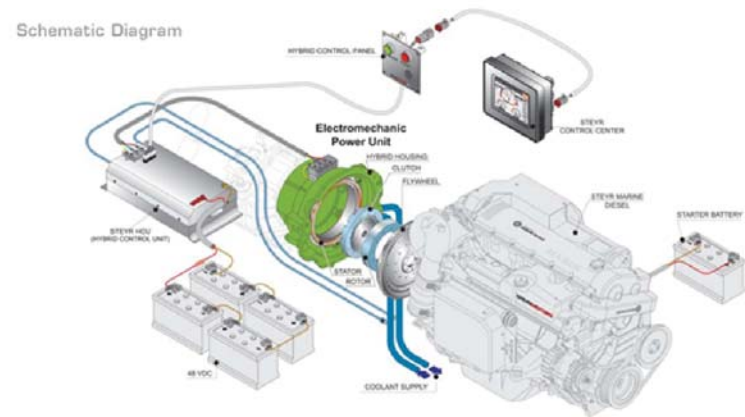
Il successo della tecnologia dipende da dalla sua adattabilità al mercato rispetto ai veicoli con i quali compete.

Dalla loro invenzione ad oggi i motori hanno subito notevoli cambiamenti ed evoluzioni che hanno riguardato la sperimentazione di propulsori con tecnologie diverse, alimentati con carburanti diversi, ognuno con i propri vantaggi e svantaggi in svariati impieghi.

Sfruttare l'energia elettrica per muovere un veicolo è un'idea nata all'inizio del secolo scorso, ma il problema più grande cui si va incontro è l'immagazzinamento del carburante. Infatti non è facile costruire batterie in grado di alimentare un motore con potenza e autonomia sufficiente da soddisfare le esigenze di movimento attuali a causa delle dimensioni e del peso delle stesse. Inoltre le batterie hanno tempi di ricarica lunghi e un costo elevato. Per questo motivo i veicoli elettrici non hanno avuto la stessa evoluzione dei motori a combustione interna che disponevano di un carburante, il petrolio, in grado di fornire una grande quantità di energia a basso costo.

Attualmente però è stata rivalutata l'idea di costruire veicoli alimentati tramite batterie, a causa delle emissioni inquinanti dovute alla combustione dei derivati del petrolio, ma i problemi ai quali si va incontro sono gli stessi. Si è pensato allora di realizzare veicoli con supporto energetico elettrico equipaggiati anche con un motore endotermico denominati HEV (Hybrid Electric vehicle), con un notevole aumento del rendimento.

Per ora non possiamo considerare questa soluzione per adottare al nostro contesto progettuale.



[142] Interno entrobordo

## 4.9 Propulsione adatta nel contesto progettuale

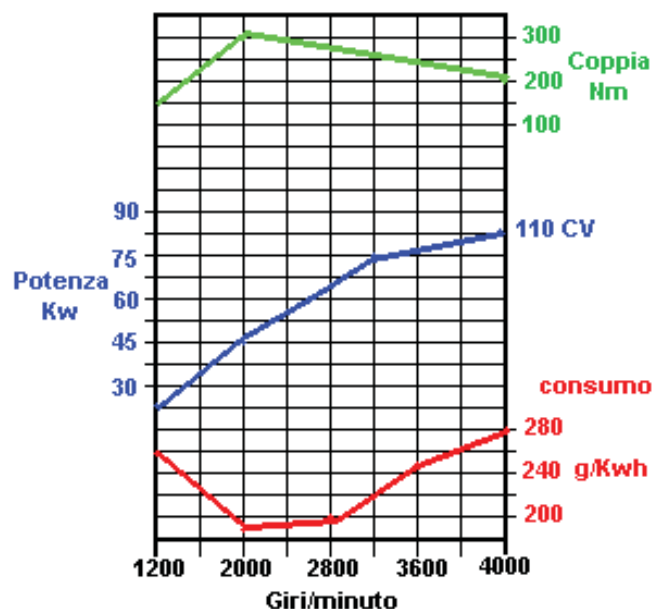
Riassumendo il discorso sui motori possiamo andare a generalizzare alcune affermazioni sul rapporto potenza e compatibilità ambientale.

A titolo comparativo la tabella sottostante riassume le principali caratteristiche dei vari tipi di motori marini.

Tipo motore	P max Cv	giri/m	Peso Kg
<b>Entrobordo</b>			
Benzina	260	4400	368
Diesel	285	3500	610
<b>Entrofuoribordo</b>			
Benzina	270	5000	470
Diesel	280	3500	750
<b>Fuoribordo</b>			
Benzina 4 tempi	115	5600	234
Benzina 2 tempi	115	5500	158
Diesel	130	4000	325
Elettrico	0,5	1800	10

Diagramma di funzionamento del motore

Le caratteristiche di un motore si possono riassumere in un grafico riportante tre curve (vedi figura in basso):



Riassumiamo le caratteristiche dei motori a combustione interna:

\* Consumo di carburante in funzione del numero di giri, nella figura la curva di colore rosso.

Il consumo è fornito in grammi per Kwh erogati (vedi Nota 3) ad esempio a 2800 giri è circa 200 grammi per Kwh, se il motore eroga 63 Kw ( pari a 86 Cv) il consumo totale ( in 1 ora) è  $200 \times 63 = 12600$  gr cioè circa 12 litri/ora.

La curva riportata è specifica di un motore Diesel di una data cilindrata e con potenza massima di 110 CV.

Ma essendo un "consumo specifico", cioè riferito alla potenza unitaria (1 Kw per il tempo di 1 ora) può essere utilizzata con buona approssimazione anche per un motore di cilindrata o potenza diversa, anche se in modo più approssimativo ( l'errore è compreso tra il 5 e il 10%).

Naturalmente per il calcolo occorre utilizzare la potenza del motore che stiamo considerando, ad esempio se fosse di potenza massima 220 CV, la potenza a 2800 giri sarebbe circa 125 e il consumo circa 24 lt/ora.

\* Potenza erogata, sempre in funzione del numero di giri, curva di colore blu.

La scala di lettura è quella di sinistra (da 30 a 90 Kw), per comodità è stata anche indicata la potenza massima in Cv ( a destra nel grafico).

Nel calcolo del consumo dato il numero di giri occorre riferirsi a questa curva ( nell'esempio precedente è necessario conoscere la potenza erogata a 2800 giri), quindi si dovrebbe avere quella relativa al proprio motore, se non si conosce si può utilizzare la precedente, naturalmente variando la scala in funzione della potenza massima del motore in esame e tenendo conto che si tratta di una approssimazione.

Si tenga presente che il calcolo del consumo non è un esercizio ma è una cautela da avere quando si parte per un lungo percorso.

\* Coppia, sempre in funzione del numero di giri, curva di colore verde ( vedi Nota 4).

Questa grandezza è molto utile per gli impieghi di trazione terrestre, per la nautica non è facilmente utilizzabile ( può essere un'indicazione per il calcolo del passo dell'elica).

Si noti che la curva ha un andamento prima crescente, fino a 2000 giri, poi decrescente. Per questo motivo nella trazione terrestre è necessario il cambio che, variando il rapporto di trasmissione alle ruote, consente il funzionamento sempre vicino alla coppia massima. Per impieghi nautici, ad esclusione di scafi ed eliche particolari, la fluidità dell'acqua non consente di avere la sensazione della "ripresa", ne esistono salite, quindi il valore della coppia non molto è avvertito dal pilota.

Osservando i grafici si vede che il miglior compromesso tra potenza erogata, coppia e consumo si ha ad un regime pari a  $2/3$  del massimo, per il motore del grafico pari a circa 2700 giri/minuto ( $2700 = 2/3 \times 4000$ ).

Nota 3

Per le grandi navi l'espressione : "Macchine indietro" che sentiamo nei films non e' un modo di dire, le macchine ,cioe' i motori, invertono veramente il senso di rotazione, quindi per invertire la direzione di navigazione impiegano molto piu' tempo delle imbarcazioni da diporto dotate di invertitore ( l'invertitore e' un sistema meccanico o idraulico simile al cambio, ma solo con marcia avanti e in dietro, per mezzo del quale si inverte il senso del moto senza invertire il senso di rotazione del motore).

Torna al testo

Nota 4

Il Newton, simbolo N e' una unita' di misura delle forze. Nel linguaggio comune siamo abituati ad utilizzare il Kg ( peso) che ha il rapporto :

$$1 \text{ Kg} = 9,8 \text{ N}$$

Coppia di 200 Newton

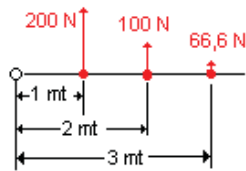
Quindi una coppia di 300 Nm (Newton per metro) e' equivalente a 30,6 Kgm (  $30,6 = 300/9,8$  Kilogrammi per metro).

La coppia e' il prodotto della forza per la distanza.

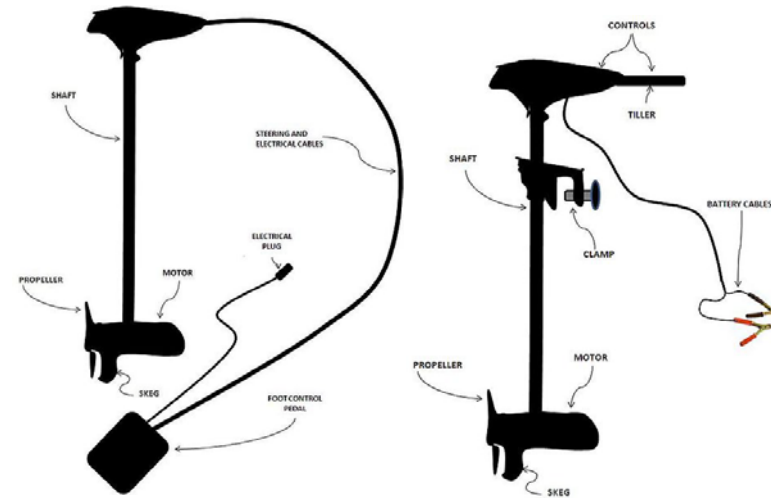
Con riferimento alla figura a lato, una coppia di 200 Nm ( equivalente a circa 20 Kgm,  $200/9,8 = \text{circa } 20$ ) significa che il motore e' in grado di muovere una forza di 200 N ( pari a circa 20 Kg) applicata ad 1 metro dall'asse.

Se il braccio, cioe' la distanza dalla forza dall'asse di rotazione, fosse 2 mt, la massima resistenza che si potrebbe vincere sarebbe 100 N (  $200 \text{ Nm}/2\text{mt} = 100 \text{ N}$ ).

Analogamente per una distanza di 3 mt si avrebbe circa 66,6 N.



[143] torqeedo



[144] Fuoribordo elettrico - accessori

1. Integrated GPS and information system: provides precise real-time information on battery charge status, remaining range at current speed, speed over ground and power consumption (GPS receiver located in the battery, information display located in the tiller).
2. Improved mechanical stability, ruggedness and suitability for salt water use.
3. 20% higher power and approx. 10% higher efficiency, noiseless design.
4. Corrosion-free design, does not require a sacrificial anode
5. Auto-kickup feature in case of grounding
6. 30% higher battery capacity (Travel 1003 model)
7. All models can be solar-charged during operation.
8. Audible alarm warns when battery charge status reaches 30%
9. Fully waterproof design, IP 67 (all components can be submersed for 1 hour at 1 m below surface without any harm).



La scelta di un fuoribordo su di un piccolo cabinato carrellabile dipende dalla ponderazione di una serie di fattori e relativi vantaggi/svantaggi che essi comportano:

1. Potenza in funzione del peso e dimensioni della barca;
2. Scelta dell'elica
3. Posizionamento sullo scafo e tipo di comandi;
4. Tipologie di motori attualmente in commercializzazione, posizionamenti possibili sullo scafo e maneggevolezza "a terra".

Potenza del motore

Come noto, la velocità massima di uno scafo dislocante (quali sono quelli delle barche a

vela) è legata alla sua lunghezza al galleggiamento (LWL) e può essere calcolata con una formula (es per uno scafo di LWL=6,15 mt vale 6,1 nodi).

Nella pratica la velocità massima riscontrabile è leggermente più alta ma di poco. Ne risulta l'inutilità di eccedere in potenza.

La potenza minima del fuoribordo, necessaria a portare lo scafo alla massima velocità

in dislocamento, può essere calcolata anch'essa con una formula e dipende dalla velocità di cui sopra e dal peso dello scafo. Si tratta della potenza minima: cioè il motore fuoribordo dovrebbe avere una potenza minima pari a questo valore per poter

permettere, a "tutto gas" di spingere la barca alla velocità critica.

In realtà per tener conto di condizioni non ottimali (es mare mosso e/o vento contrario)

sarebbe opportuno che la potenza del motore fosse leggermente superiore, diciamo 1 o

2 cavalli (HP) in più (cavalli vapore, da non confondere con KW).

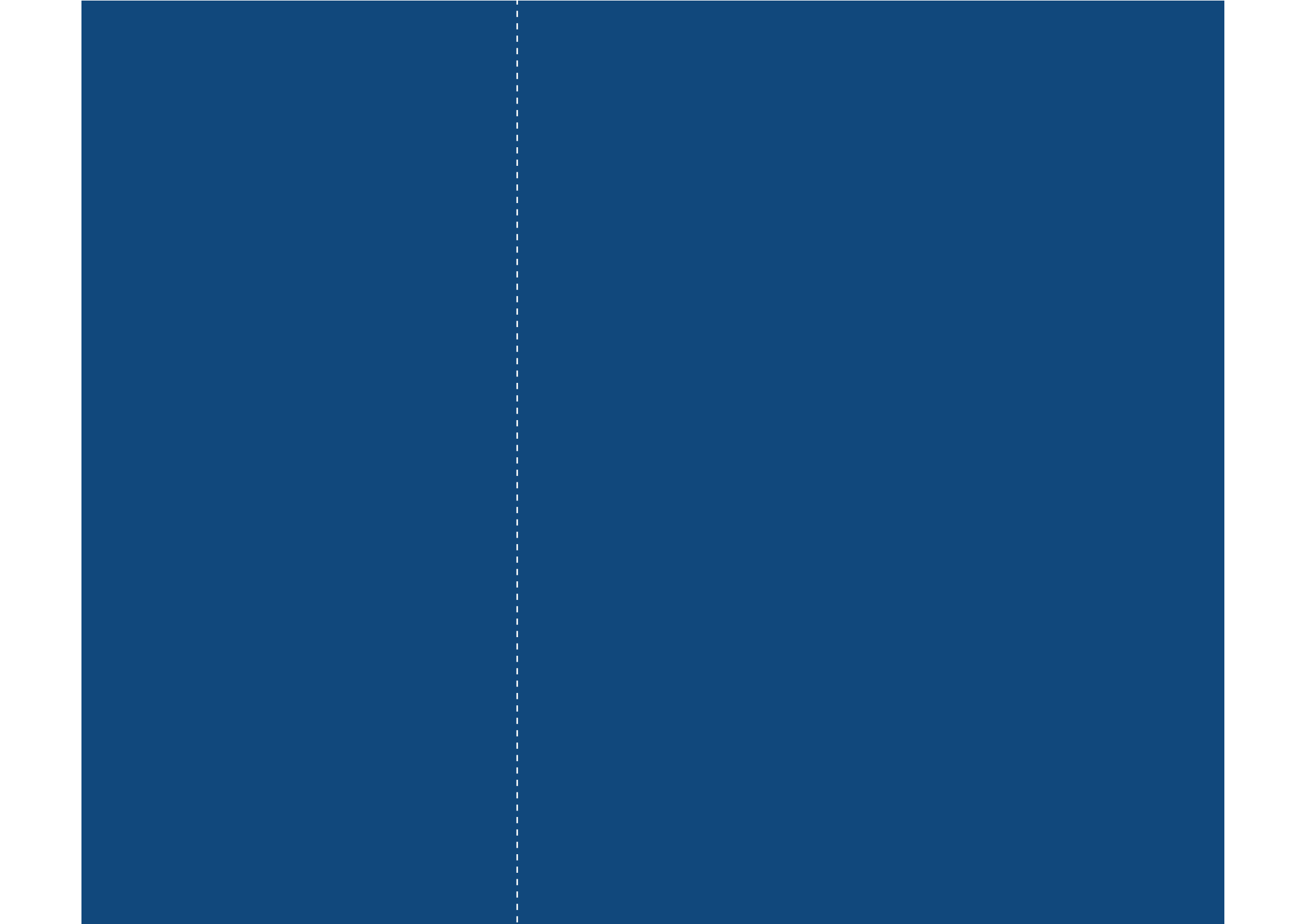


[145] Applicazioni dei diversi motori sulla gamma torqeedo

**Ricerca & Analisi**

capitolo 5

**Trasportabilità**





## 5.1 Trasportabilità

Il concetto di trasporto di un'imbarcazione è fondamentale nel progettare in base alle esigenze dell'utente finale, a volte per le famiglie, gruppo di amici, quasi per tutte le fasce d'età di utenti inclusi, amanti della natura e dello sport, per chiunque persona abbia bisogno di una barca di piccole dimensioni (max 3 adulti o 2 adulti + 2 bambini) anche per gli usi come da barca da pesca sportiva o per le piccole passeggiate in acque protette, in lago, ma il punto importante e critico è soprattutto avere uno strumento di navigazione in completa impatto ambientale con la natura.

In questo capitolo andiamo ad analizzare le imbarcazioni di piccole dimensioni adatte alla tipologia d'uso descritta sopra, e ci focalizziamo sulla modularità dei componenti differenti della imbarcazione o dell'intera struttura dell'imbarcazione.

Osserveremo alcuni casi d'imbarcazione risolti per facilitare il trasporto di essi usando le metodologie a volte una diversa dall'altra.

### Classifica delle imbarcazioni di dimensioni limitati

#### A) Battelli pneumatici

- Gommoni
- Tender
- Tender semi-rigidi

#### B) Imbarcazioni rigide

- Barche sportive (Kayak sportive incluse)
- Barche sportive a multi-uso

Tutti questi gruppi sono motorizzabili sia con un motore fuoribordo (la soluzione maggiormente applicata) che entro bordo (emempi rari con le soluzioni di lusso e applicazioni costosi).

### 5.1.1 Settore dei battelli pneumatici

#### Gommoni

Per gommone si intende un battello realizzato in tubolari di tessuto gommato rinforzato e provvisto di valvole di gonfiaggio/sgonfiaggio. I gommoni possono essere completamente smontabili o rigidi (RIB).

Questa era, relativamente ai gommoni tradizionali, una delle prerogative più classiche e interessanti del mezzo. Oggi, con la prevalenza dei gommoni compositi, la prerogativa è diventata la carrellabilità, in quanto, a parità di lunghezza, un gommone pesa assai meno di un'equivalente imbarcazione a motore. Raramente, infatti, anche per i modelli più grossi, dove solo la larghezza può costituire un handicap, il peso è tale da non consentire il traino, magari con un biasse, di un gommone gigantesco da parte di una autovettura media. Si tratta di una larghezza per il fatto che la stradalità impone un massimo di larghezza per tutti i veicoli di m 2,50 e molto spesso, per gommoni di un certo impegno, tale valore è notevolmente eccedente. Il concetto base che il mezzo può essere sgonfiato con un guadagno spesso di oltre mezzo metro (in pratica il raggio del tubolare moltiplicato per due). La grossa risorsa delle moderne pompe elettriche ci affrancherà da una «pompa» di una buona mezz'ora.

Il gommone composito con la sua carrellabilità (pur con le conseguenti elevate spese in più per accessori di traino e ricovero) fa risparmiare tempo e forze a tutto vantaggio della rapidità di movimento.

Possiamo identificare almeno quattro categorie di gommoni, classificate in base all'architettura costruttiva:

\* Gommoni classici completamente smontabili:

o a chiglia pneumatica: sono realizzati interamente in tessuto impermeabilizzato. Le uniche parti rigide in genere sono le assi del pagliolo, che sono di alluminio o legno multistrato. La chiglia è formata da un tubo di tessuto, gonfiabile ad alta pressione.

o a chiglia rigida: identici ai precedenti, ma differiscono per la chiglia, che in questo caso è formata da una trave (paramezzale) in multistrato di legno. Questi gommoni offrono la stessa trasportabilità di quelli a chiglia pneumatica ma in generale hanno migliori caratteristiche di navigazione.

Un gommone a scafo rigido

\* RIB (rigid-hulled inflatable boat), ovvero gommone a scafo rigido:

o Gommoni a carena di vetroresina: sono attualmente i più diffusi e sono costruiti, sostanzialmente, accoppiando uno scafo di vetroresina progettato appositamente, con il o i tubolari. Sono trainabili tramite carrello rimorchio da autovetture e praticamente ne esistono di tutte le dimensioni, da meno di 3 metri a oltre 10 metri di lunghezza.

o Gommoni a carena di alluminio: sono attualmente meno diffusi e sono costruiti completamente in alluminio. Vengono utilizzati principalmente da utenti professionisti poiché la struttura in alluminio ne garantisce l'inaffondabilità per la maggior resistenza ad urti rispetto alla vetroresina.

I gommoni completamente smontabili sono utilizzabili per il diporto nautico e, una volta sgonfiati, sono facilmente trasportabili anche con autovetture di medie dimensioni.



In navigazione il gomnone si comporta come un qualsiasi motoscafo; la carena è quasi sempre planante e le velocità raggiunte dipendono, come per tutte le imbarcazioni plananti, dai seguenti fattori:

- \* lunghezza al galleggiamento
- \* peso
- \* profilo della carena
- \* potenza del motore.

Un ulteriore uso frequente del gomnone è come tender di imbarcazioni di dimensioni maggiori data la sua versatilità e la robustezza che ne rendono agevole varo ed alaggio.

### Costruzione

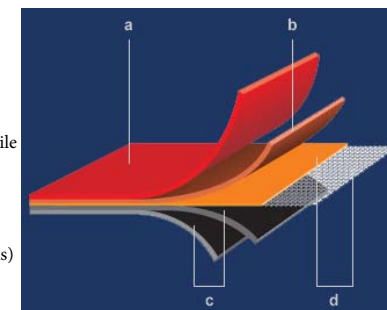
Dovremo, per piacere di semplificazione, dividere il discorso in due parti: la prima da dedicare al battello normale o tradizionale che dir si voglia, la seconda al composito, formato, cioè da una sezione gommata pneumatica unita ad una carena in vetroresina. Esamineremo il fondamentale componente della costruzione, artigianale o industriale che sia, e cioè il tessuto gommato. Dopo le prove e gli esperimenti negli anni delle origini, oggi il tessuto gommato consta sostanzialmente di due parti: il supporto tessile e la gommatura. Il supporto tessile si divide a sua volta in due fondamentali gruppi: il poliestere e il poliammidico. Il poliestere, generalmente il Trevira, si comporta in modo più rigido e quindi più stabile di forma. Dotato di peso maggiore e di minore «lavorabilità», è oggi preferito dalla maggior parte degli allestitori, ed è insostituibile quando la gommatura è affidata a mescole di plastomeri (PVC). Il poliammidico, meglio conosciuto come nylon, ad una eccellente tenacità e robustezza, aggiunge, all'intrinseca leggerezza, maggiore morbidezza e lavorabilità e in certi particolari casi di tramatura e orditura, meglio si abbina alle mescole di elastomero. In compenso dispone di una minore stabilità di forma e di una maggiore elasticità che col tempo (molto tempo) può dare origine a qualche piccola deformazione della struttura.

### Gommatura

Il semplice tessuto, ancorché non saldabile, ma solo cucibile, di per se stesso non è in grado di tenere né aria né acqua, ma necessita di una copertura, sulle due facce, di sostanze che lo rendano impermeabile a tutta una serie di agenti chimico/fisici. Normalmente si usano due tipi fondamentali di gommatura: quella con elastomero (mescole o semplicemente neoprene e hypalon) o quella con plastomero (il PVC). Macchine enormi, simili nella fattura e nel costo alle rotative di stampa, provvedono a distribuire sulle due facce del tessuto, opportunamente pre-trattato, veli in successioni di materiale. I metodi usati sono di norma due, quello di spalmatura e quello di calandratura. Oggi questi due sistemi sono quasi equivalenti nel risultato e dipendono dal tipo di materiale usato per l'imregnazione.



- a. Outside Hypalon® layer that gives:
  - Weather resistance (fading and ageing)
  - Chemical resistance
  - Abrasion resistance
- b. Layer of Neoprene in between the Hypalon® and textile
- c. Inside Neoprene sheets that give:
  - High gluability and reliable adhesion
  - Air tightness (no air in the high textile)
- d. High textile that gives:
  - Basic mechanical properties (tensile and tear strengths)
  - Dimensional stability



[147] strati hypalon

### 5.1.2 Tender

Si chiamano tender per la loro dimensione spazio. Categoria tender sono le i gommoni (o a loro volte completamente rigidi) pneumatici di dimensioni ridotte rispetto alle imbarcazioni pneumatici di tipo per il salvataggio o per gli usi industriali.

In genere hanno una capacità di 3-4 persone e maggiormente sono sgonfiabili e piegabili (a volte diventando zainetti). Quelli rigidi invece sono generalmente composte di parti smontabili per facilitare il trasporto.



battello pneumatico tender pieghevole da 2,4m



[146] varietà di gommoni

tender pieghevole Arimar

un tender rigido da 3,2 m



### 5.1.3 Tender semi-rigidi

Il gommone composito si basa su una carena in vetroresina (rarissimamente in alluminio) che di fatto surroga le prerogative di una barca tradizionale. Che sia dotato di monostampata con piano di calpestio o di una doppia stampata dotata di consolle e gavoneria con tanto di piani di allineamento, cofani imbottiti e prendisole, il composito cede alla barca tradizionale per spazi a riporre, ma guadagna in sicurezza e in leggerezza. Assai più stretto di una barca classica di pari lunghezza, spesso deriva da carene di questa origine, guadagnando però in aggressività a motivo delle dotazioni faraoniche che spesso i suoi «armatori» adottano avendolo riscoperto quale totem ideale dalla vocazione associativa.

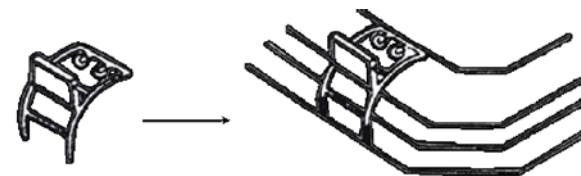


#### Costruzione

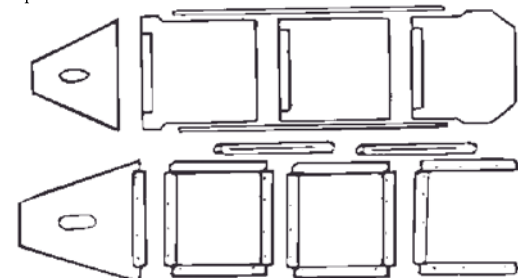
La costruzione di un composito è decisamente più semplice di quella di un tradizionale. Di fatto ad una struttura in vetroresina, pronta con culle di accoglimento dei tubolari, viene incollata la sezione pneumatica che, se anche un poco imperfetta, non creerà problemi di simmetria o discrepanza. Per quanto concerne la sistemazione interna, la tendenza attuale è quella di riempire il battello di spazi a riporre, sempre, ovviamente, in quell'ottica dell'ottenere il massimo dal minimo nonostante il tipo di scelta. E proprio su questo concetto si innestano le attuali evoluzioni per il composito, quali, ad esempio, i semitubolari laterali, autentici bottacci pneumatici, dove la non chiara funzione è ottenuta creando una murata di incredibile peso e consistenza per sostenere la possibile deformazione indotta dal semitubolare seppur gonfiato a 0,20 bar. A livello squisitamente personale siamo convinti che sia opportuno chiamare le cose con il proprio nome, evitando certi cerebralismi consumati alla ricerca del nuovo a tutti i costi che ha come immediato risultato il tentativo di allineamento da parte dei concorrenti con la conseguente lievitazione dei prezzi già elevatissimi se rapportati a quelli di moltissime, ottime imbarcazioni tradizionali. Ferme restando le caratteristiche di base che abbiamo notato, il composito non registra variazioni di particolare rilievo se si escludono le poche aziende che singolarmente meritano una citazione. La Zodiac, con la serie Yachtline e Pro System ha adottato i tubolari sfilabili. Marchi e Solemar hanno a listino grossi compositi con cabinatura, mentre Lomac e Marshall hanno optato per il semitubolare applicato alla fiancata. Analoga soluzione hanno sperimentato Longo, nel modello di punta creato per la Arkos di Brescello (motori Tohatsu), e la For Sea, nel modello Zar: hanno integrato il tubolare nella robusta stampata che si allarga all'intera prua. Grande robustezza nei Master dove il tubolare è interamente trattenuto, superiormente e inferiormente, da un'unica stampata che rende camminabile e sfruttabile tutta la parte superiore del tubolare. Degna di nota la soluzione della Stilnautica che è riuscita a creare palchi di seduta all'interno dei tubolari ed utilissimi gavoni a sviluppo longitudinale.



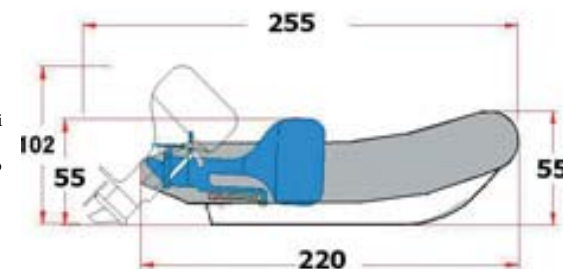
Battello pneumatico : gommone di servizio semi-rigido accessorio (fuoribordo, con console laterale, ponte in teak) SUPERTENDER F32 3.2m



Gli attacchi di vari componenti sui tubolari pneumatici sono possibili tramite incollaggio (usando le resine epossidiche sul pvc) e successivamente avvitando i componenti futuri necessari.



Componenti smontabili e facile da riassembleare per gli usi ulteriori riguardo alla parte strutturale rigida del gommone.



Il motore inclina di 90 gradi verso la parte interna del gommone recuperando uno spazio considerevole per allocazione e trasporto del gommone semi-rigido.

## 5.2 Settore delle imbarcazioni rigide

### 5.2.1 Barche sportive & kayak sportive

In questo capitolo vediamo le soluzioni di trasportabilità applicate con gli esempi dimostrati nel campo delle barche sportive (incluse qule barche da pesca) e dei kayak sportivi rigidi.



[148] Immagine della barca smontabile modulare Nautiraïd NRX



[149] Immagine della barca Nautiraïd NRX 190 smontata e pronta da trasportare con la massima efficienza di trasporto

Lo Yakka in versione Explorer si mimetizza molto bene nel paesaggio grazie al cover maculato. Di taglia ridotta una volta piegato (1,42mt), è facile da trasportare nel bagagliaio di un'auto, di un camper o nella stiva di un aereo. Il rimessaggio è facile e pratico: sul terrazzo, in soffitta, in garage. Sull'acqua lo Yakka è stabile, veloce e solido come un kayak rigido e il pescatore, in totale autonomia, può raggiungere anche i siti di pesca meno accessibili.



#### Specifiche<sup>16</sup>

L. : 280 cm / l. : 76 cm / Peso : 22 kg  
 Carico max. : 120 kg  
 Programma : tutte le superfici d'acqua  
 Capacità : 1 adulto

#### Accessori di serie

- Maniglie da trasporto foderate in gomma
- Anelli di fissaggio schienale
- Scotte elastiche portaoggetti
- **Optional:** pagaia, gilet, schienale, borraccia, carrellino trasporto

#### Equipaggiamento

- Seduta integrata + sedile in schiumato
- Puntapiedi integrato
- Ruotino posteriore



Exploring  
 Sport paddling  
 Coastal rides



Yakka 80 : 1 Adult (max 176lbs / 80kg)

Yakka 120 : 1 Adult (max 265lbs / 120kg)

Yakka 120 Explorer : 1 Adult (max 265lbs / 120kg)

**Specifiche tecniche:**

Materiale Buffered Copolymer  
 Polypropylene  
 Length 10' 8"  
 Folding Thickness 4"  
 Width (Beam) 60"  
 Draft 4"  
 Depth (midship) 24"  
 Hull weight 58 lbs  
 Weight Capacity 585 lbs  
 Persons Capacity 3  
 Number of Seats 3  
 Engine Capacity 54 lbs  
 Shaft Length 15" (Short shaft)



[150] Immagine della barca Porta-Bote Genesis 10ft. model progettato completamente con le parti componibili e smontabili per facilitarne il trasporto. La barca è premiata.



## 5.2.2 Barche sportive a multi-uso

La figura di sotto indica la componentistica 100% assemblabile e disassemblabile di un sistema di seduta ben studiata per essere pronto all'uso in pochi minuti anche con uno sforzo da utente amatoriale.

La figura di sotto indica la componentistica 100% assemblabile e disassemblabile di un sistema di seduta ben studiata per essere pronto all'uso in pochi minuti anche con uno sforzo da utente amatoriale.

La figura di sotto indica la componentistica 100% assemblabile e disassemblabile di un sistema di seduta ben studiata per essere pronto all'uso in pochi minuti anche con uno sforzo da utente amatoriale.

La figura di sotto indica la componentistica 100% assemblabile e disassemblabile di un sistema di seduta ben studiata per essere pronto all'uso in pochi minuti anche con uno sforzo da utente amatoriale.



In figura di sopra TuckTech folding boat composti dai materiali plastici piegabili, messa in produzione in Germania ed è attualmente commercializzata



[152] Immagine della barca GPS350

**Barca** L'azione di montaggio e smontaggio richiede realmente **pochi minuti e senza attrezzi**. Rispetto alla concorrenza, non necessita di traverse o panchette per essere utilizzata, perciò **lo spazio interno è completamente sfruttabile**; è affidabile e costruita con materiali di alta qualità, fatta per durare e semplificare la manutenzione.

GPS 350

**BARCHE COMPONENTIBILI** **MODULAR BOATS**

CE

**GPS easyboat**

*...Nessuno come Noi!  
...No one like Us!*

Borse Trasporto  
Transportation bags

Montaggio Rapido  
Quick Assembly

Tessuto Decorato  
Fabric Decoration

Lunghezza Variabile  
Variable Length

250 cm
300 cm
350 cm

PERSONALIZZATO  
PERSONALIZED

seguita su GPS 250 / 300 / 350



La figura di sotto indica la componentistica 100% assemblabile e disassemblabile di un sistema di seduta ben studiata per essere pronto all'uso in pochi minuti anche con uno sforzo da utente amatoriale.



[153] Immagine della barca Nautiraid NRX 190 smontata e pronta da trasportare con la massima efficienza di trasporto



[9] Immagine della barca Nautiraid NRX 190 smontata e pronta da trasportare con la massima efficienza di trasporto



[154] Applicazioni NRX 190



1 	2 	3 	4 		5 
Remove belts	Remove the central bar (helm), the support of engine, open the boat and take out seats	Fix and lock the central bar	Install and lock both seats (including airbags for the fisherman)	Unfold plastic flaps and fix the motor support	

# Safe

# Stable

The instaboats allow you to safely practice your favourite activities.

Instaboat® complies with U.S. Coast Guard safety standards, the Canadian Coast Guard construction standards for small boats, and has received the European IMCI certification. These "smart" boats are stable and lightweight, two key elements to let you enjoy your water activities.

# Foldable

# Practical

82

La figura di sotto indica la componentistica 100% assemblabile e disassemblabile di un sistema di seduta ben studiata per essere pronto all'uso in pochi minuti anche con uno sforzo da utente amatoriale.

La figura di sotto indica la componentistica 100% assemblabile e disassemblabile di un sistema di seduta ben studiata per essere pronto all'uso in pochi minuti anche con uno sforzo da utente amatoriale.

[155] Immagine della barca bic



[157] Applicazioni e l'uso del modello bic per bambini



[156] trasporto bic 245 sulla cappotta della macchina



Available colours: green/beige  
orange/white - blue/white - red/white

Optional:



wooden seat



engine bracket



wheel system



[158] Accessori bic

## SICURO E INNOVATIVO

Il nuovo BIC 245 è un'imbarcazione molto sicura e innovativa. La sua carena a forma di "catamarano" è particolarmente stabile per pescare, per recuperare il cesto o una lenza senza il rischio di rovesciarsi o per raggiungere una barca all'ormeggio.

A remi è molto veloce grazie alle linee d'acqua che lo caratterizzano, ma può essere equipaggiato di un motore termico e elettrico.

La doppia posizione dei remi permette l'accentramento del peso che garantisce la stabilità. Le ruote intergrate nello scafo passano ovunque e non compromettono in alcun modo le prestazioni in acqua. Da vuoto, il pozzetto ha una linea di galleggiamento che lo rende auto-svuotante e il BIC 245 può restare all'ormeggio senza rischi. Infine, la forma posteriore della barca è stata studiata per permettere uno stoccaggio verticale stabile.



### Specifiche

L. : 245 cm / l. : 120 cm / Peso : 39 kg  
Capacità : 3 persone  
Motore max : 3 CV

### I punti forti

- Leggero
- Molto stabile
- Ruote integrate
- Pozzetto auto-svuotante
- Solido
- Stoccabile in verticale

### Accessori di serie

- 2 remi
- 4 scalmi
- 5 portascalmi
- 1 cima
- 1 panca
- ruote integrate

### Specifiche

L. : 213 cm / l. : 115 cm / Peso : 19 kg  
Capacità : 2 persone  
Motore consigliato : elettrico o termico,  
peso massimo 12 kg

### I punti forti

- Leggero
- Stabile
- Facile da portare soli
- Solido

### Accessori di serie

- 2 remi
- 3 scalmi
- 3 portascalmi
- 1 cima
- **Optional** : panca di legno, supporto motore, ruotino



### 5.3 Rimorchi trasporto per barche

Il rimorchio è un veicolo sprovvisto di motore, destinato ad essere trainato da parte di autoveicoli equipaggiati con sistemi di traino opportuni ed, all'occorrenza, anche con opportuno sistema di frenatura, che assumono il nome generico di motrici.

Secondo il codice della strada italiano, i limiti di velocità per gli autotreni, ovvero i veicoli trainanti rimorchio, sono di 70 km/h sulle strade extraurbane e di 80 km/h sulle autostrade. In altri stati vigono prescrizioni diverse.

Sempre secondo il codice della strada italiano, qualora la massa a pieno carico del rimorchio è inferiore o uguale ai 750 kg, si ha un rimorchio leggero, altrimenti il rimorchio è un rimorchio non leggero. In altri stati vigono prescrizioni diverse.

Per il codice della strada sono regolamentati all'art.56 Titolo 3 e si tratta in ogni caso di un veicolo che necessita di una immatricolazione a sé stante pur restando indissolubilmente collegato al mezzo trainante nella circolazione normale su strada.

Sul retro del rimorchio deve essere infatti apposta una regolare targa che ne certifica l'immatricolazione, accanto ad una di colore giallo ripetitrice di quella del veicolo trainante. Parimenti sul retro devono essere posti due adesivi indicanti i limiti di 70 e di 80 orari su strada extraurbana ed autostrada.

La componentistica per usare il rimorchio per il trasporto dell'imbarcazione è numerosa e complica inutilmente la semplicità d'uso per il nostro caso (trattandosi di una progettazione di tender di dimensioni ridotte).

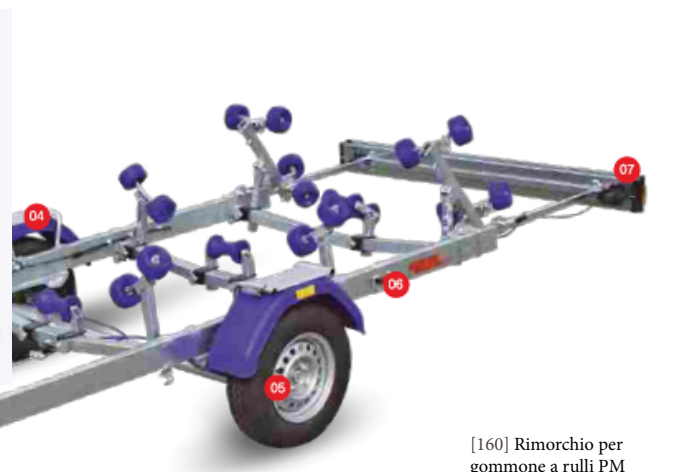
Quindi, la soluzione ideale per il progetto in corso è di non prevedere l'uso di un rimorchio ma trovare una soluzione più compatta e adatta (anche integrando alcune soluzioni pratiche sulla imbarcazione stessa) in modo da facilitarne il trasporto invitando l'utente ad un uso facilitato e non troppo impegnativo (soprattutto meno costi aggiuntivi e meno spazio significa la facile diffusione del prodotto sul mercato).



[159] Applicazione rimorchi per l'imbarcazioni



[9] Rimorchio per gommone a rulli PM SERIES



[160] Rimorchio per gommone a rulli PM SERIES

**01. SISTEMA DI RETROMARCIA AUTOMATICO**  
 sblocco automatico dell'impianto frenante in fase di retromarcia.

**02. MECCANISMO BASCULANTE**  
 per agevolare le operazioni di varo ed alleggio; sistema presente sui telai monoasse LBN 522, LBN 722, LBN 1252, LBN 1222.

**03. CABLAGGIO ELETTRICO**  
 presa a 13 poli con connessioni a tenuta stagna.

**04. PEDANE DI SALITA**  
 offrono un appoggio stabile durante le manovre di varo/alleggio ed operazioni in altezza.

**05. FRENI WATERPROOF**  
 hanno la caratteristica di avere cuscinetti a tenuta stagna e la predisposizione per kit del vaggio freni (kit optionale).

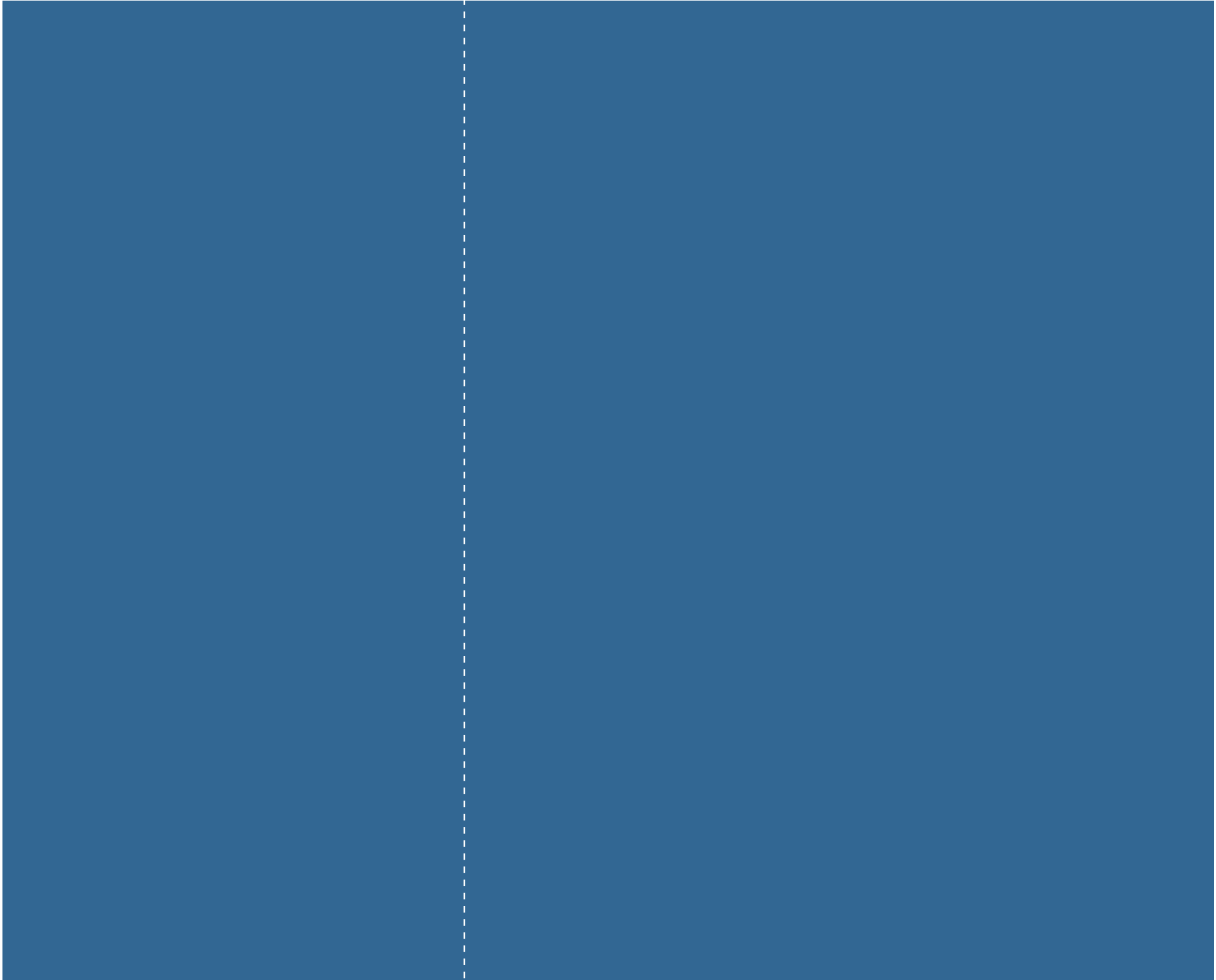
**06. LUCI D'INGOMBRO**  
 versione ad incandescenza, o versione a LED con basso assorbimento elettrico e tenuta stagna.

**07. SEGNALETICA**  
 composta da tubi richiudibili che ne agevolano l'utilizzo.

**Ricerca & Analisi**

capitolo 6

**Carena e Forma Strutturale dello Scafo**



## 6.1 Scafo

### Caratteristiche dello scafo

Lo scafo di un'imbarcazione è la parte più critica che mette in prima vista il performance di navigazione anche nelle situazione meteorologiche altamente critiche. Andiamo a vedere alcuni esempi per comprendere meglio come sono fatti alcuni tipi di scafo con cui viene realizzato la forma della carena.

La principale classificazione degli scafi e' fatta in base al tipo di navigazione.

Il piu' antico e' il tipo Dislocante che, date le caratteristiche di forma della carena (parte immersa dello scafo) e di peso dell'imbarcazione naviga con una rilevante parte di scafo sommersa.

I vantaggi sono : maggiore abitabilita', migliore comportamento con mare forte e, date le basse velocita' consentite, minore potenza del motore.

Per contro non consente velocita' rilevanti ( oltre un certo limite, correlato alla lunghezza dello scafo, la velocita' aumenta di poco nulla all'aumentare della potenza del motore ).

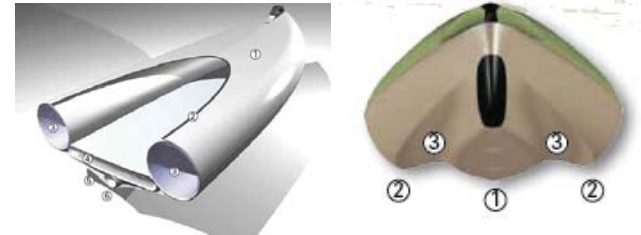
L'altro tipo e' lo scafo Planante, nel quale raggiunta la velocita' di planata, lo scafo emerge dall'acqua rimanendo sommerso per una quantita' minima.

Questo tipo di navigazione consente velocita' anche molto elevate e non strettamente legate alla lunghezza dello scafo.

Per contro gli scafi plananti sono, generalmente, piu' bassi e quindi meno abitabili e necessitano di una potenza notevolmente superiore.

Per avere un'idea delle differenze, nella tabella in pagina successiva, sono riportate le caratteristiche principali di uno scafo dislocante e di uno planante delle stesse dimensioni, entrambe motorizzabili con un motore entrobordo.

Gli scafi descritti sono solo un esempio indicativo, esistono molti altri modelli che realizzano un compromesso tra abitabilita' e velocita', ad esempio gli scafi semiplananti che non realizzano una planata perfetta, quindi hanno velocita' piu' contenute, ma offrono una abitabilita' migliore.



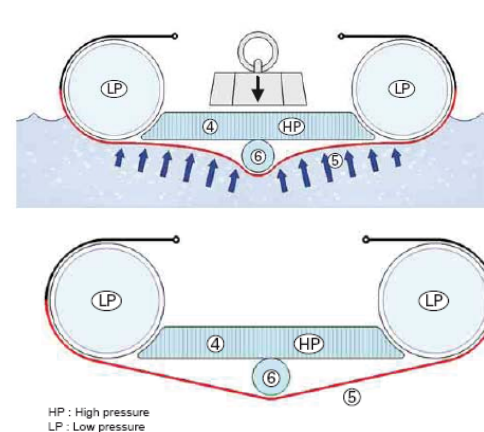
[161] Un esempio kayak gonfiabili - piegabili che mette in vista la sezione dei tubolari

[162] Kayak THD bic sport

Riportiamo in figure di sopra (a destra) le caratteristiche di navigazione di uno scafo progettato per i kayak.

La forma degli scafi Kayak THD è stata progettata per rendere i kayaks filanti e facilmente manovrabili pur assicurando grande stabilità.

La sezione centrale (1) aumenta la scorrevolezza, mentre le parti laterali della scocca (2) stabilizzano il kayak con le due concavità intermedie (3) che garantiscono lo scorrimento sull'acqua e migliorano le prestazioni.



HP : High pressure  
LP : Low pressure

[163] Nel caso dei kayak gonfiabili - piegabili la stabilità sull'acqua è data dalla differenza di pressione tra le parti tubolari e lo strato rigido gonfiabile che è localizzato in mezzo della struttura

## 6.2 Tipologie di carena

### Caratteristiche dello scafo

In capitoli precedenti abbiamo analizzato in che forma e struttura può essere lo scafo di un battello pneumatico semi-rigido, ovvero di che materiali può essere prodotto, abbiamo valutato la varietà di soluzioni che si possono applicare per l'assemblaggio delle parti aggiuntive necessarie per completare l'opera, indispensabili, sia per le norme di sicurezza sia per la comodità d'uso con la modalità con cui è previsto la categoria d'uso.

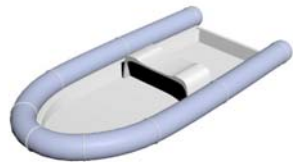
Da ora in poi è necessario conoscere e studiare alcune tipologie di scafo con cui sono fatte le carene, classificandole in base a loro forma funzionale durante la navigazione.

Categorie delle forme di carena:

- Carena planante (a forma del V);
- Carena dislocante (a forma ovale);
- Carena piatta (a forma piatta)
- Carena a catamarano (a forma di doppio V);
- Carena a trimarano (a forma di tripla V);
- Carena a forme alternative (a forma variabile a secondo dei criteri di progettazione e dell'uso).



[167] Immagine dimostrativa di un gommone a forma di



[166] Figura dimostrativa di un gommone semi-rigido con la carena a forma dislocante/planante



[164] figura dimostrativa degli strati hypalon neoprene.



[168] immagine di un tubolare



[165] Immagine dimostrativa dell'imbarcazione rigida con la carena a forma di trimarano - Larianella



[169] Immagine dimostrativa dell'imbarcazione rigida con la carena a forma di catamarano - Tender 245

Apriamo una parentesi per il materiale hypalon che presenta il materiale più comune per la costruzione dei tubolari di un battello pneumatico allo scopo di proteggere gli scafi in VTR.

L'Hypalon Neoprene è senza dubbio il materiale più usato per la realizzazione di tubolari per battelli pneumatici, proprio per le sue caratteristiche come la resistenza alle intemperie, agli agenti chimici, al calore, al maltrattamento meccanico e la sua naturale propensione alla colorabilità.

I tubolari di Hypalon Neoprene sono sicuramente i più affidabili e resistenti. Inoltre la grande duttilità e lavorabilità di questo materiale garantisce la possibilità di realizzare forme che seguono le esigenze sempre nuove imposte dal design, che in questo campo ha un'importanza rilevante.

## 6.3 Strutture e forme

### La stabilità dello scafo

In navigazione l'imbarcazione è soggetta due movimenti periodici :il Beccheggio e il Rollio.

Il beccheggio è causato dalle onde di prua o di poppa che causano lo spostamento in verticale.

Il rollio è generato dalle onde prese trasversalmente e causano l'oscillazione trasversale, pericolosa per la possibilità di rovesciamento.

Condizioni di stabilità di un'imbarcazione

L'imbarcazione è soggetta a due forze : il peso, diretto verso il basso e la spinta dell'acqua diretta verso l'alto. Per il galleggiamento deve essere :

$Peso = Spinta$

Il peso è la risultante di tutte le forze peso della barca, cioè' scafo, motore, passeggeri ecc.

Ai fini dei calcoli di stabilità questa forza, risultante dalla somma dei pesi (in figura P), si può considerare come applicata in un punto detto Centro di gravità, in figura indicato con G. (vedi Nota 1).

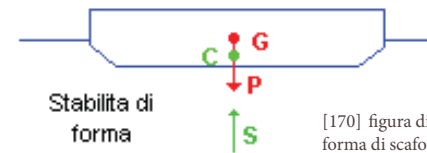
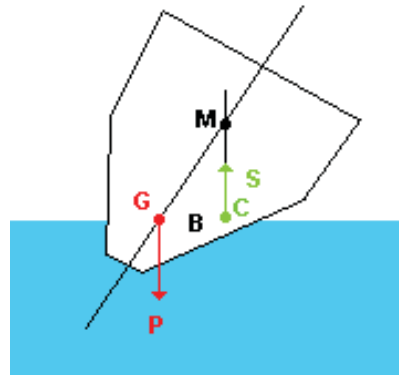
Analogamente la spinta (S in figura) è la risultante di tutte le spinte dell'acqua sullo scafo e si può considerare applicata ad un punto detto Centro di carena, indicato con C.

In condizioni di stabilità le due forze (P e S) si trovano sulla stessa verticale, sono di segno opposto e di uguale grandezza.

Caricando l'imbarcazione, ad esempio con passeggeri, il peso P aumenta, di conseguenza deve aumentare la spinta S, quindi lo scafo si immerge di una piccola quantità in più tale da compensare, con l'aumento di spinta (vedi Nota 2), l'aumento di P.

Durante la navigazione, sia per effetto delle onde che per le manovre, specie se effettuate in velocità, l'imbarcazione subisce delle sbandate, cioè' delle inclinazioni anche notevoli rispetto all'asse verticale che, se lo scafo non ha buone proprietà di stabilità possono condurre al rovesciamento.

[171] figura dimostrativa di forma di scafo per il calcolo della stabilità delle imbarcazioni



[170] figura dimostrativa di forma di scafo per il calcolo della stabilità di forma e peso

Condizioni di stabilità di una imbarcazione

Condizioni di rovesciamento di una imbarcazione

Con riferimento alla figura a lato, in caso di sbandamento la forza peso rimane applicata al centro di gravità mentre la risultante (S) di spinta dell'acqua si sposta a causa della differente immersione dello scafo.

Si crea così una coppia formata dalle forze (uguali e contrarie) P ed S con il braccio B (il braccio di una coppia è la distanza tra le due forze) che tende a raddrizzare la barca.

La condizione di stabilità si ha fino a che il Metacentro (in figura il punto M) si trova sopra al centro di gravità.

Con l'aumentare dello sbandamento il centro di spinta si sposta verso il basso, fino ad arrivare sotto al centro di gravità causando l'inversione della coppia con annullamento dell'effetto raddrizzante (vedi figura a destra). Per questo motivo hanno una maggiore stabilità le imbarcazioni dislocanti in cui il centro di gravità è più in basso che nelle plananti.

[172] figura dimostrativa di forma di scafo nelle condizioni di rovesciamento



## 6.4 Soluzione di carena adatta nel contesto progettuale

Per scegliere la soluzione che meglio si confà alla propria imbarcazione si devono tenere presenti molti elementi relativi alle motorizzazioni possibili, alla loro installazione, allo sfruttamento logico della potenza, alla sicurezza, ai consumi.

Dagli esempi visti in precedente arriviamo al punto di scegliere di applicare la soluzione di forma di scafo a carena a catamarano che risulta quella più adatta per le dimensioni del nostro progetto e nello stesso tempo è la soluzione più sicura e leggera dal punto di vista progettuale (da considerare la facilità di trasporto).



### Nota 1

Il calcolo del centro di gravità ( Baricentro ) può essere sviluppato rapidamente solo per forme semplici. Nel caso di imbarcazioni, con profili e distribuzione dei pesi molto complessi è un calcolo difficile svolto con complicati metodi grafici.

In linea di principio il calcolo si svolge dividendo l'imbarcazione in tanti piccoli volumi, di dimensioni tali da poter assumere che il loro peso sia concentrato in un punto. Si calcola il "momento" di tali pesi rispetto al baricentro ( il momento è il prodotto del peso per la distanza dal baricentro ), si ottengono così tanti prodotti dei piccoli pesi per la loro distanza dal baricentro. Per la proprietà del baricentro la loro somma (algebrica) deve essere nulla, sviluppando tale calcolo si può determinare, in condizioni non troppo complesse, la posizione del baricentro ( in realtà l'operazione indicata come somma è un integrale, il cui calcolo, a volte, può non essere possibile se non con metodi grafici ).

### Nota 2

La spinta ricevuta è pari al peso di acqua spostata che coincide con il volume espresso in litri o in decimetri cubi ( 1 litro = 1 decimetro cubo e pesa 1 Kg ).

Ad esempio uno scafo di forma cubica ( come una scatola ) se deve sostenere il peso di 100 Kg e' necessaria una pari spinta, quindi deve immergersi di una quantità tale che il peso dell'acqua spostata sia pari a 100Kg, cioè deve spostare un volume pari a 100 decimetri cubi.

Supponendo che i lati siano rispettivamente 70 cm e 80 cm l'area (in decimetri) è:  $7 \times 8 = 56$  decimetri quadrati, quindi per ottenere 100 decimetri cubi di acqua spostata, pari a circa 100 Kg, si avrà un affondamento di circa 1,8 dm (  $56 \times 1,8 = 100,8$  ).

La densità dell'acqua, uguale ad 1 ( 1KG per decimetro cubo, cioè per litro ) è determinante per il galleggiamento, al punto che fenomeni che variano la densità possono causare l'affondamento delle imbarcazioni.

A riguardo sono state condotte delle prove in zone dove la presenza di sorgenti sotterranee di gas producevano notevoli bollicine nell'acqua, con il risultato di confermare la diminuzione di galleggiabilità fino all'affondamento, anche in presenza di fenomeni non eccessivamente vistosi.

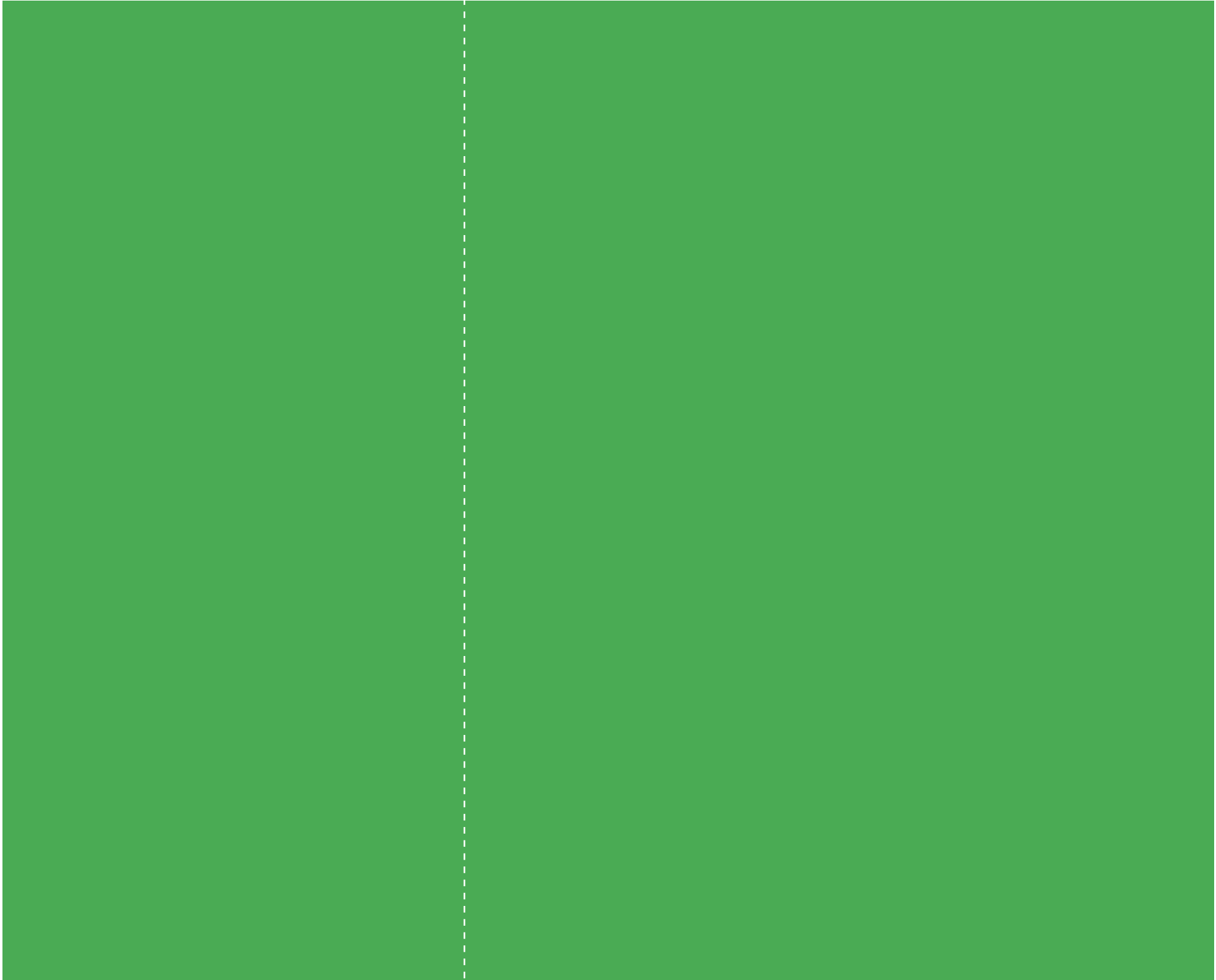


[173] figura dimostrativa che mette in confronto gli scafi a forma V e gli scafi a forma di catamarano. Lo scafo a forma di catamarano risulta senza dubbio più stabile e

# Benchmark di Mercato

capitolo 7  
**Stato dell'Arte**

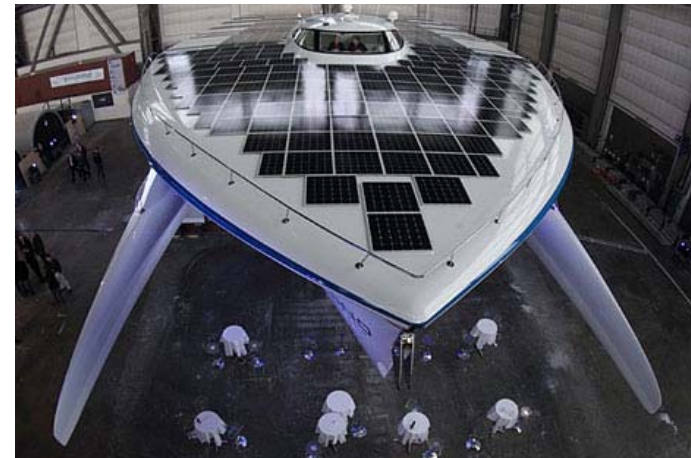




## 7.1 Imbarcazzini con i moduli FV installati sul mercato



[174] modello gardasolar



[175] modello planet solar



[176] FV applicati su una barca comune

## 7.2 Tipologia degli scafi per le piccole imbarcazioni

Il tipo di scafo determina la scelta dell'elica. Due sono i modelli base: il tipo a dislocamento e quello planante. Gli scafi a dislocamento sono relativamente più lenti. Sono sostenuti dal peso dell'acqua che essi spostano (pressione statica dell'acqua). Generalmente il disegno della poppa, così come quello della prua, è appuntito o arrotondato. Si muovono lentamente nell'acqua come le grandi navi oceaniche. Su questi scafi le eliche funzionano totalmente sott'acqua e generalmente sono di passo inferiore, quando sono montate su fuoribordo o gruppi poppieri.

Gli scafi plananti, che comprendono la maggior parte delle imbarcazioni da diporto, si comportano come scafi a dislocamento alle basse velocità (al di sotto delle 10 miglia/h). Con velocità maggiore queste imbarcazioni si sollevano sulla superficie dell'acqua e planano, sostenute soprattutto dalla pressione dell'acqua provocata dalla velocità. Le imbarcazioni plananti sono generalmente più veloci e più efficienti di quella a dislocamento. La loro struttura si differenzia da quella delle imbarcazioni a dislocamento per l'ampiezza della poppa che interseca il fondo dello scafo con un angolo retto.

Su queste imbarcazioni le eliche non sempre sono totalmente sommerse e questo richiede capacità di tenuta, passo superiore e maggiore angolo di inclinazione, in relazione alle più alte velocità di punta che possono raggiungere.

Qui di seguito troverete la descrizione delle carene più tipiche per imbarcazioni motorizzate con fuoribordo e gruppi poppieri.

### Carena piatta

Quando il fondo della carena non ha la forma di una "V", ma è semplicemente piatta da un lato all'altro, generalmente si parla di "carena piatta". Il punto di incontro tra il fondo della carena e le alzate laterali viene chiamato "spigolo". Tale carena può avere angoli squadrati (chiamati spigoli quadrati, vivi o rigidi) o angoli arrotondati (detti angoli smussati).

### Carena a "V"

Questo è il disegno di barca più usato perchè offre una buona velocità unitamente ad una confortevole navigazione, dovuta all'angolo della "V" (chiamato "deadrise") al raggio della "ruota di prua" ed alla presenza di pattini. Per aumentare la velocità massima, solo con una piccola perdita di comfort in navigazione, alcuni scafi hanno la parte terminale e centrale della carena piatta.

Ogni costruttore di imbarcazioni sceglie il numero ed il tipo di pattini a seconda dei risultati che vuole ottenere. Con i pattini l'imbarcazione naviga più rapida ed in linea, ma è un poco più difficile da manovrare.

### Scafo trimarano o ad ala di gabbiano

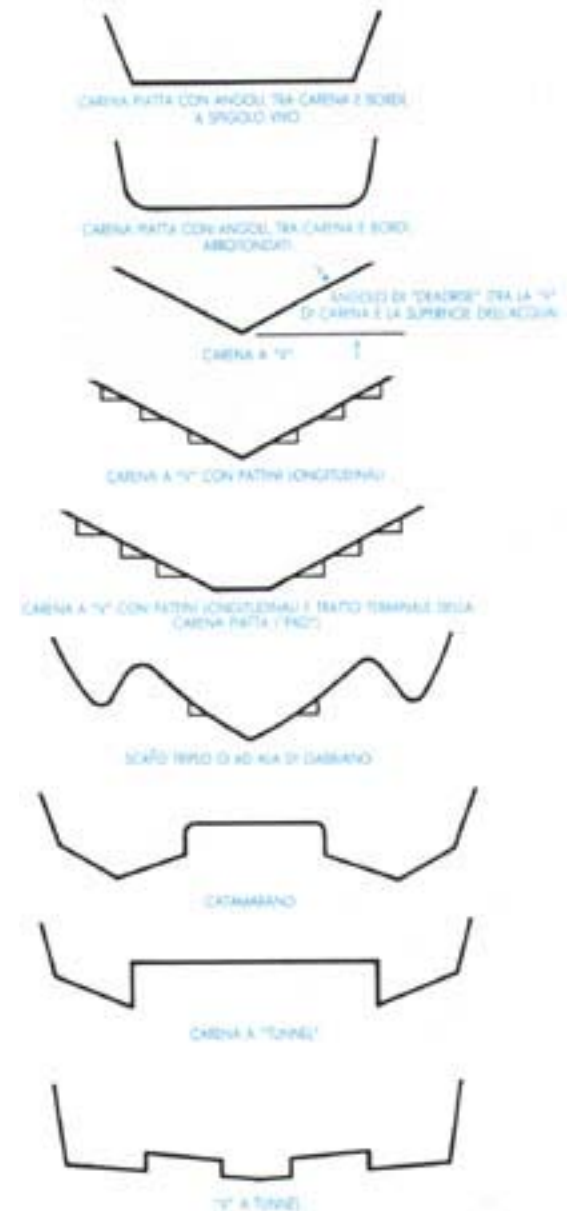
Sono in genere a carena a "V" con qualche grado aggiunto di scafo esterno, spesso predominante in prossimità della prua. Il risultato è una barca più stabile, particolarmente da ferma. Lo svantaggio è una navigazione meno confortevole in acque agitate.

### Carena a tunnel (catamarani)

Questa forma di carena ha grande successo soprattutto negli ambienti sportivi da competizione. Differisce dalla forma del più vecchio tipo di "carena a catamarano" per il fatto che gli angoli interni (fra carena e "tunnel") sono molto acuti. Questo consente virate ad alta velocità incredibilmente strette ed una navigazione molto confortevole. Alcuni di questi scafi hanno d'altra parte incontrato difficoltà ad essere manovrati, alle basse velocità.

### "V" a tunnel

Questo tipo di scafo combina una carena a basso "V" con due tunnel, uno per lato rispetto al "corpo" centrale. Le massime prestazioni di punta sono generalmente superiori a quelle di una carena veramente a "V" mentre le caratteristiche di manovrabilità in acque mosse sono ridotte.



[177] Forme di carene

### 7.3 Alcune imbarcazioni trasportabili



[180] instaboat



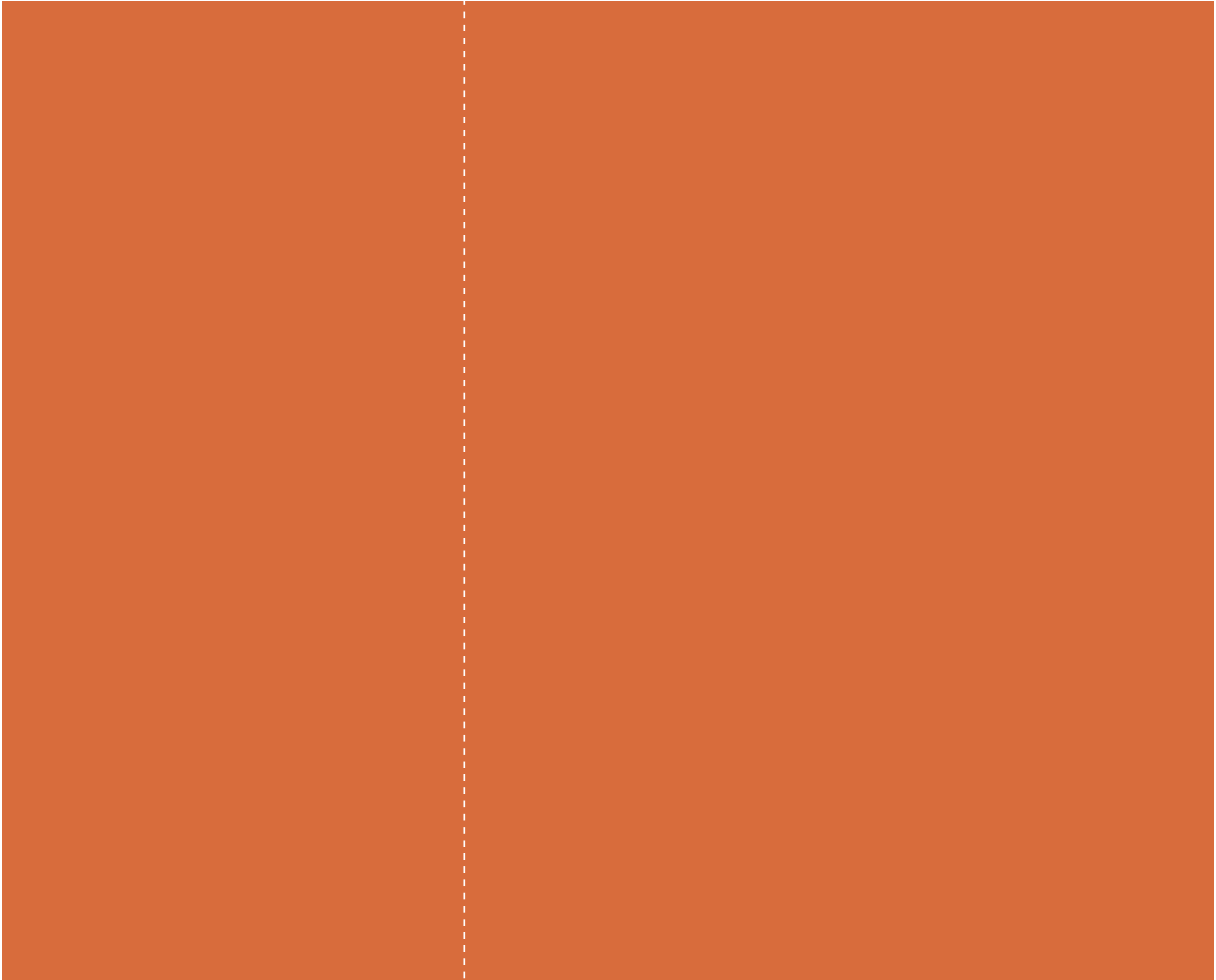
[179] modello big piegabile



[178] modello bic 245 smontato

**Sviluppo Progettuale**

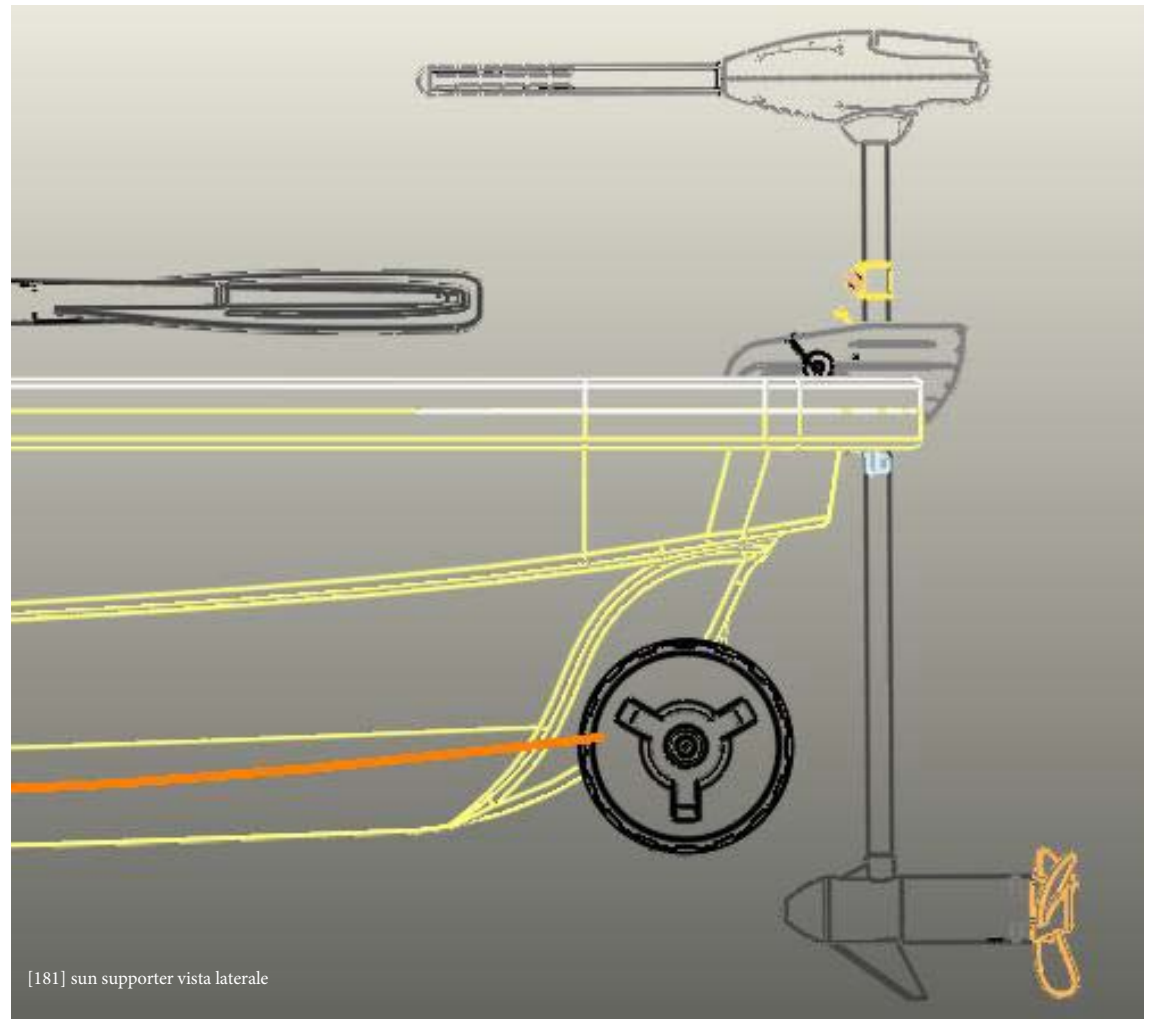
capitolo 8  
**Concept**



## 8.1 Una breve descrizione del concetto

Il concetto principale per lo sviluppo di questo progetto della tesi si articola intorno alle richieste del mercato e dell'utente finale che si vogliono trovare con un tipo di imbarcazione di semplice usabilità e comfort ma nello stesso tempo sia necessario che questa imbarcazione ideata sia facilmente trasportabile, leggera da poter permettere alle singole persone di alzarla e caricarla sulla cappotta delle macchine station wagon.

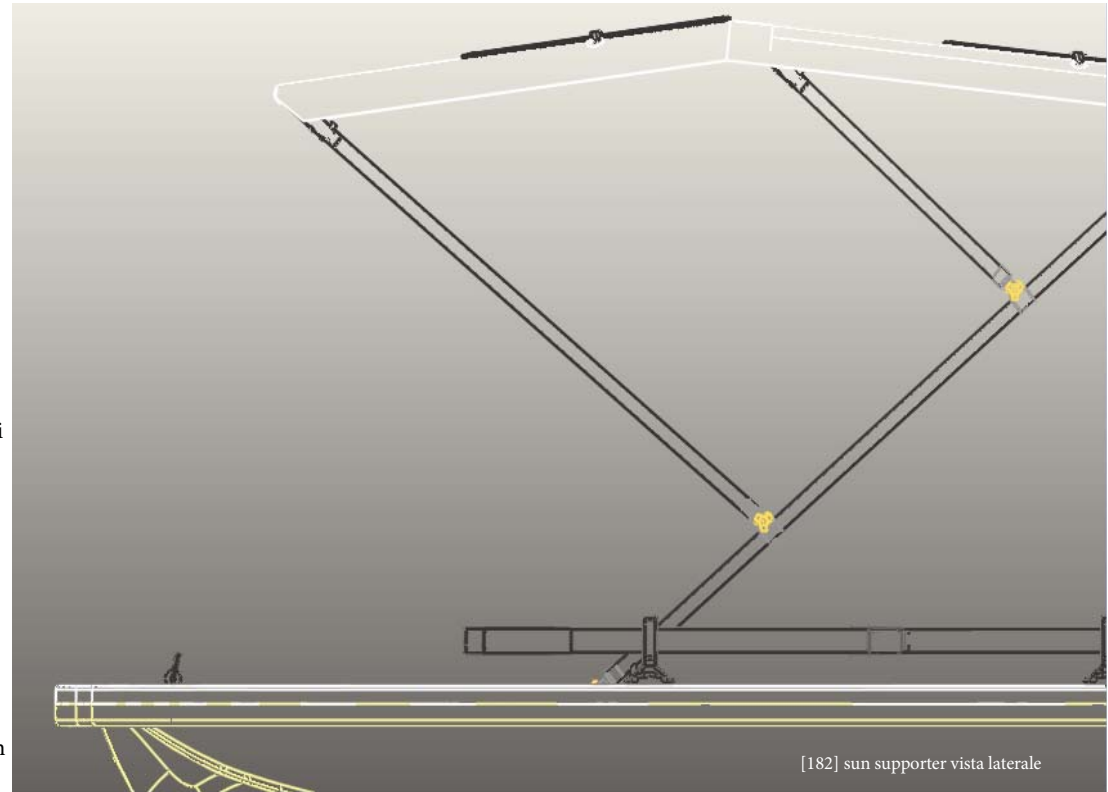
Il tipo di imbarcazione dovrebbe essere nello stesso tempo modulare in modo che alcune parti come panca centrale si possano cambiare la posizione permettendosi all'utente un'opzione importante di cambiare la seduta.



## 8.2 Requisiti del progetto ed obiettivi da raggiungere

I requisiti principali per lo sviluppo di questo progetto risultano essere;

- 1-Installazione dei pannelli solari che saranno la fonte energetica rinnovabile dell'imbarcazione.
- 2-Installazione del motore elettrico e del sistema elettrico per il motore.
- 3-Altre dotazioni di bordo che facilitano il movimento e l'uso durante la navigazione.
- 4-Il doppio scafo che garantisce la perfetta sicurezza dei passeggeri: qualora un impatto molto violento danneggi lo scafo esterno, quello interno riempito di materiale espanso galleggiante assicura le condizioni sufficienti per rientrare a terra.
- 5-La sufficienza d'autonomia elettrica necessaria per la navigazione.
- 6-Eco-compabilità.
- 7-Modularità in modo che il prodotto finale sia compatto alla trasportabilità occupandosi poco spazio nei momenti di non uso.
- 8-Semplicità d'uso in tutti i sensi e in tutte le sue parti singolari.
- 9-Eliminazione dei elementi di fissaggio al più possibile.
- 10-Assemblaggio facilitato e rapido.
- 11-Adattabilità alle tecnologie di produzione d'oggi.
- 12-Peso alleggerito.
- 13-Massima stabilità possibile per garantire alta sicurezza ai passeggeri.
- 14-Un prodotto solido ma leggero, a 0 impatto ambientale, completamente riciclabile, user-friendly ed evente un design caratterizzante dal punto di vista estetico.

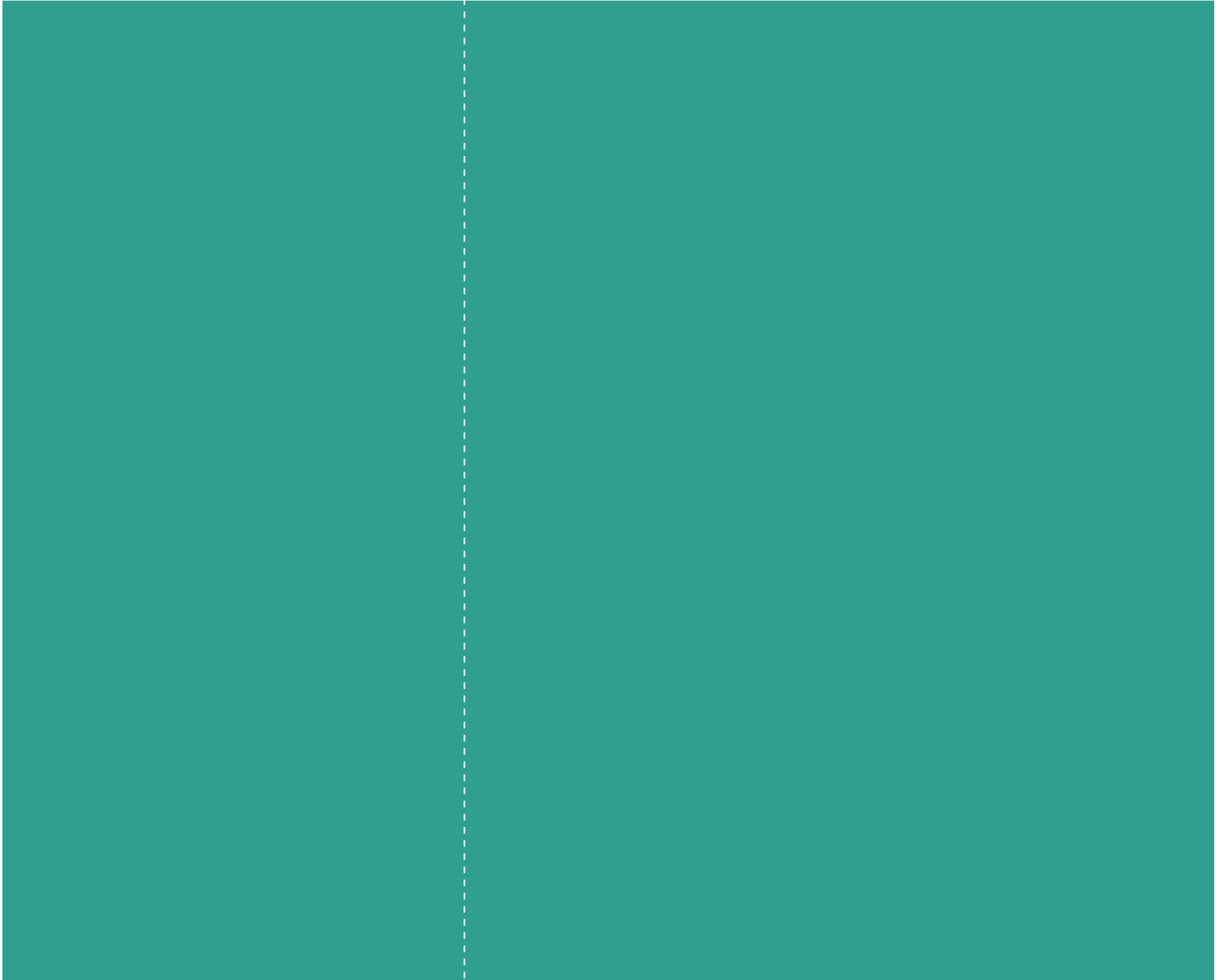




**Sviluppo Progettuale**

capitolo 9

**Progetto Definitivo**



## 9.1 Sviluppo progettuale

### 9.1.1. Doppio scafo termoformato a twin-sheet (termoformatura a doppia lastra)

Nel contesto progettuale delle diverse parti dell'imbarcazione sono previsti sia la termoformatura + saldatura che la termoformatura twin-sheet in modo che ci permette di arrivare ai spessori a multi strati da 1 - 3 mm in su fino a 9 - 12 mm dipendentemente dal numero dei strati (layer) di materiale in uso.

Nella termoformatura twin-sheet i vincoli sul disegno del pezzo rimangono simili a quelli della termoformatura separata.

Spoglia: 1° in su per lo stampo positivo e 0,5° in su per lo stampo negativo.

Raccordi: Maggiore a 2 x spessore

Lunchezza flangia: Maggiore 3 x spessore

I manufatti prodotti con la tecnologia twin-sheet possono avere le dimensioni più svariate e più diversi campi di utilizzo: vasche da bagno, piatti doccia e pareti attrezzate per box multifunzione, interni di treni-aerei, autobus, carterture per macchine industriali e da palestra, carrozzerie di autocaravan e roulotte, packaging alimentare e non. Esistono anche dei modelli di imbarcazione di dimensioni ridotte che vengono prodotte con questo tipo di tecnologia di termoformatura.

I materiali più indicati sono; HDPE, PA, PVC Rigido, PMMA (da evitare PP e PC)

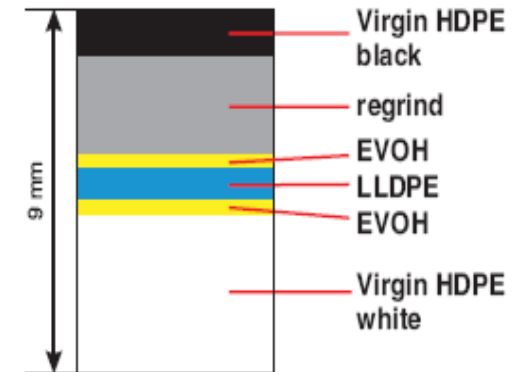
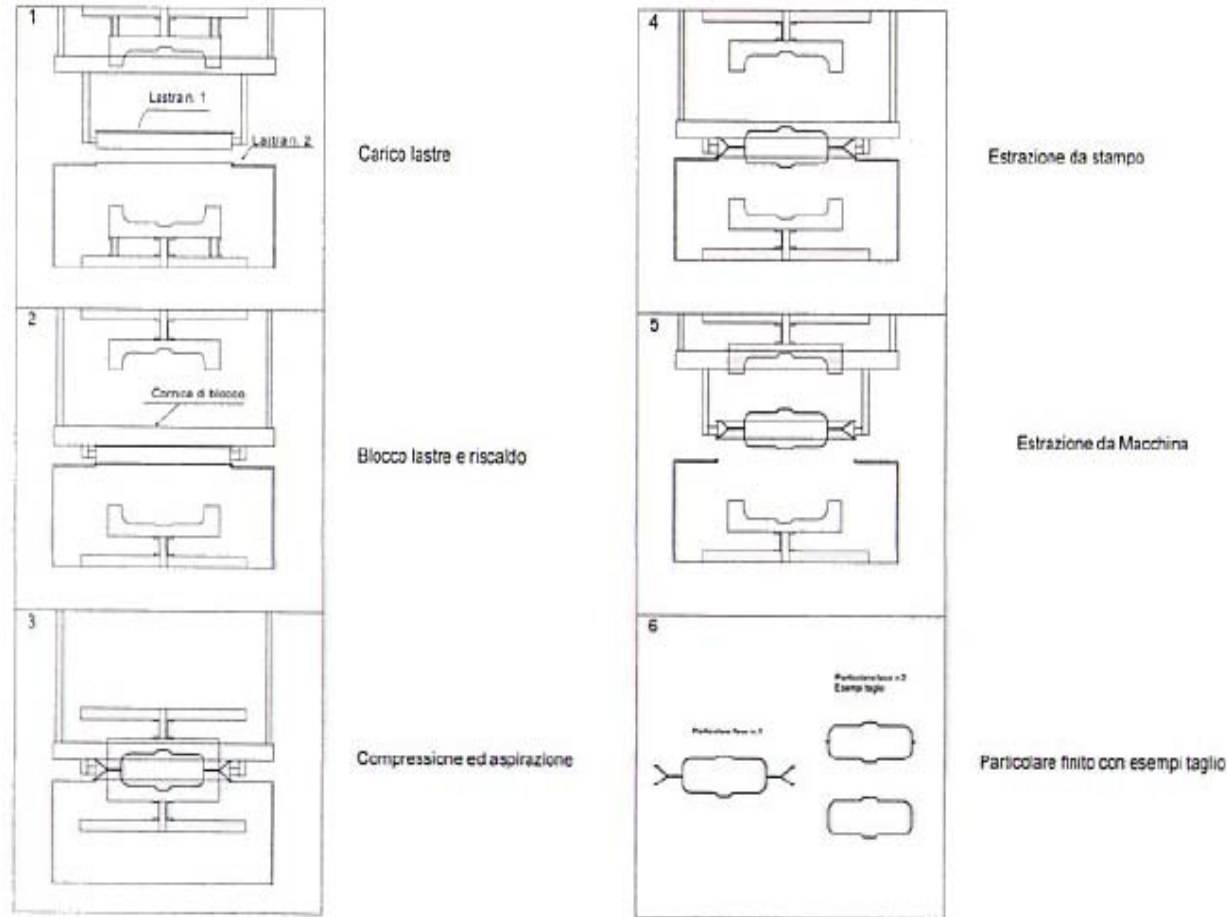
Tempo ciclo: 20 - 30 s

Operazione secondaria: taglio delle aperture



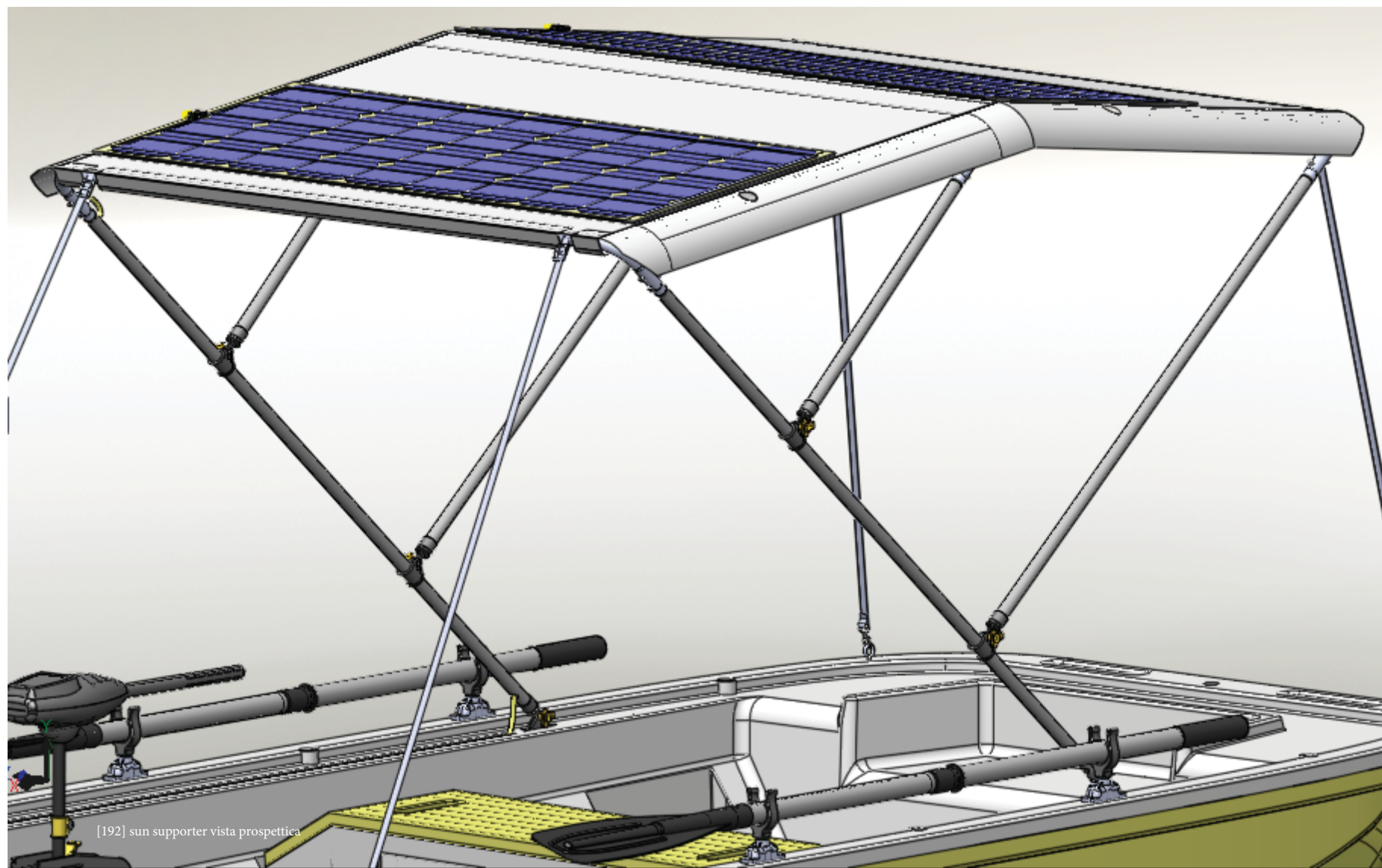
[183] stampi per la termoformatura

## SCHEMA LAVORAZIONE TWIN SHEET



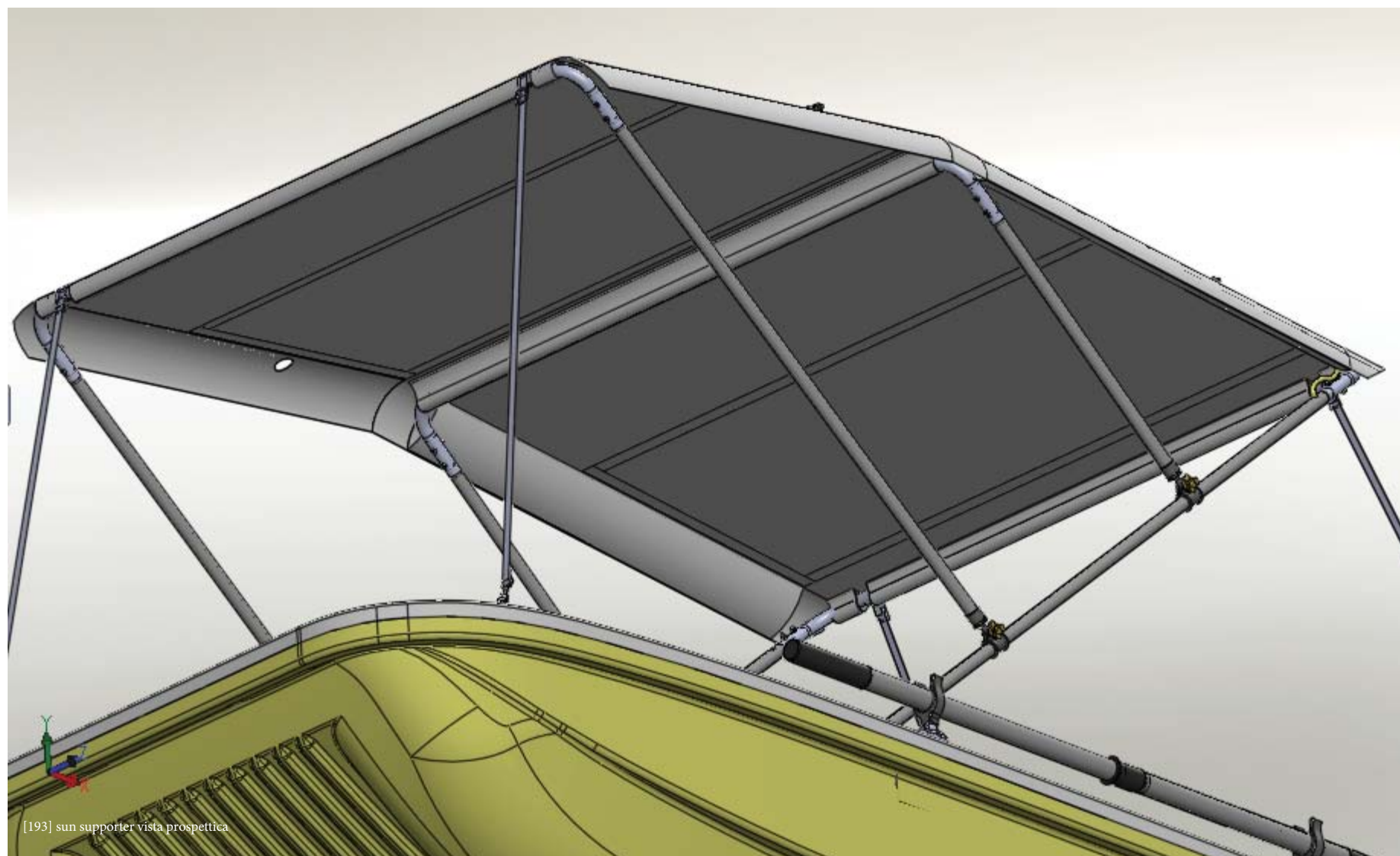
[184] Lavorazione e spessori termoformatura twin-sheet

### 9.1.10 Blocco telaio pieghevole & cappotta a 3 archi

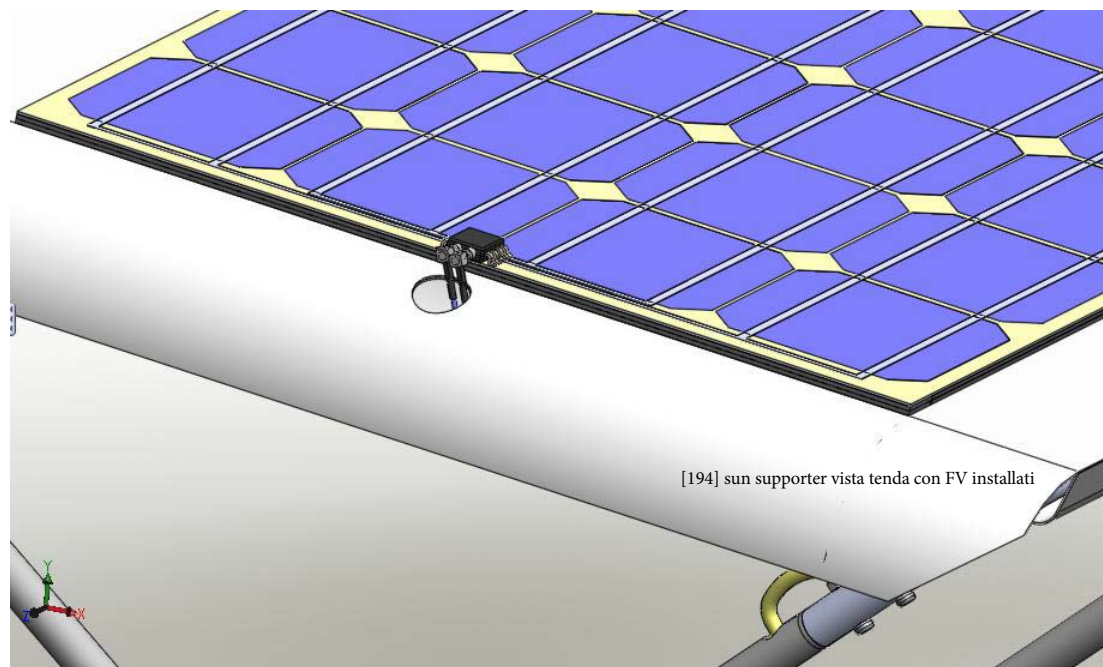
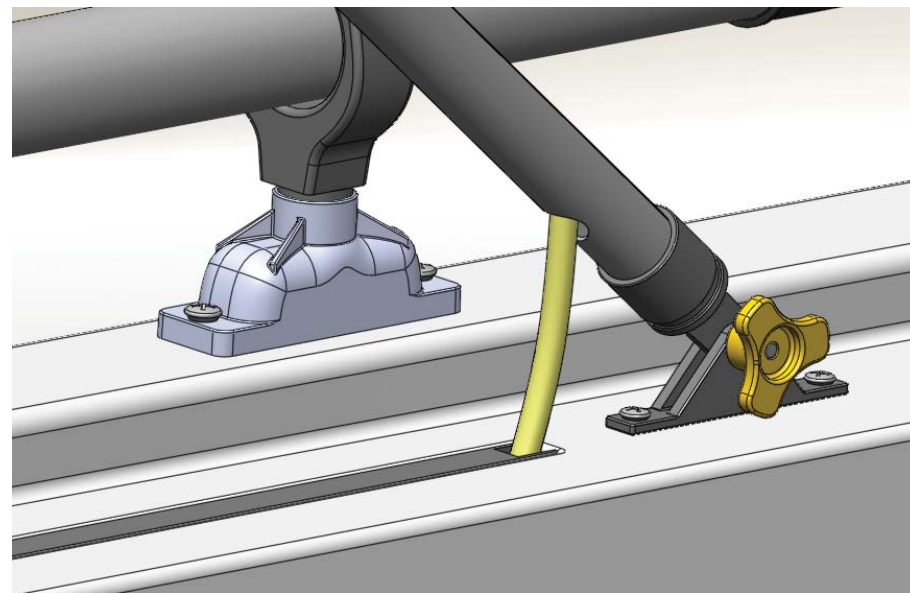
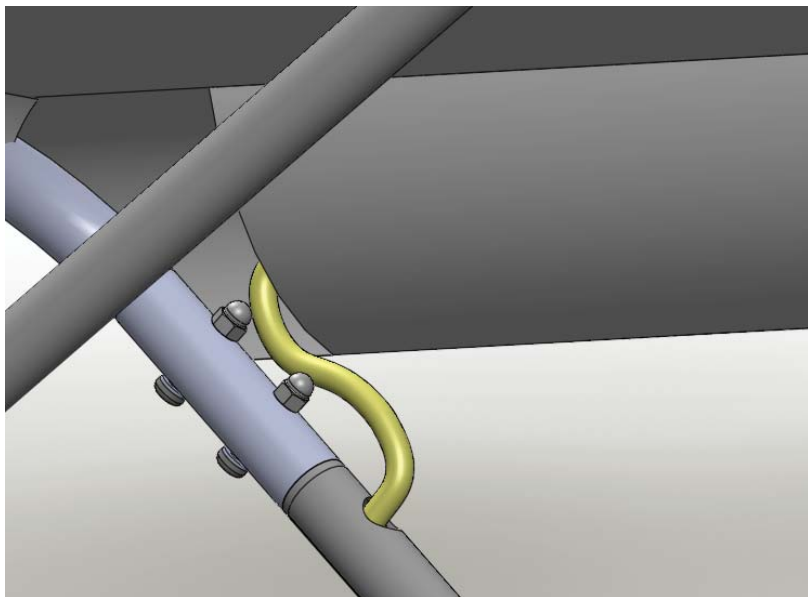


[192] sun supporter vista prospettica

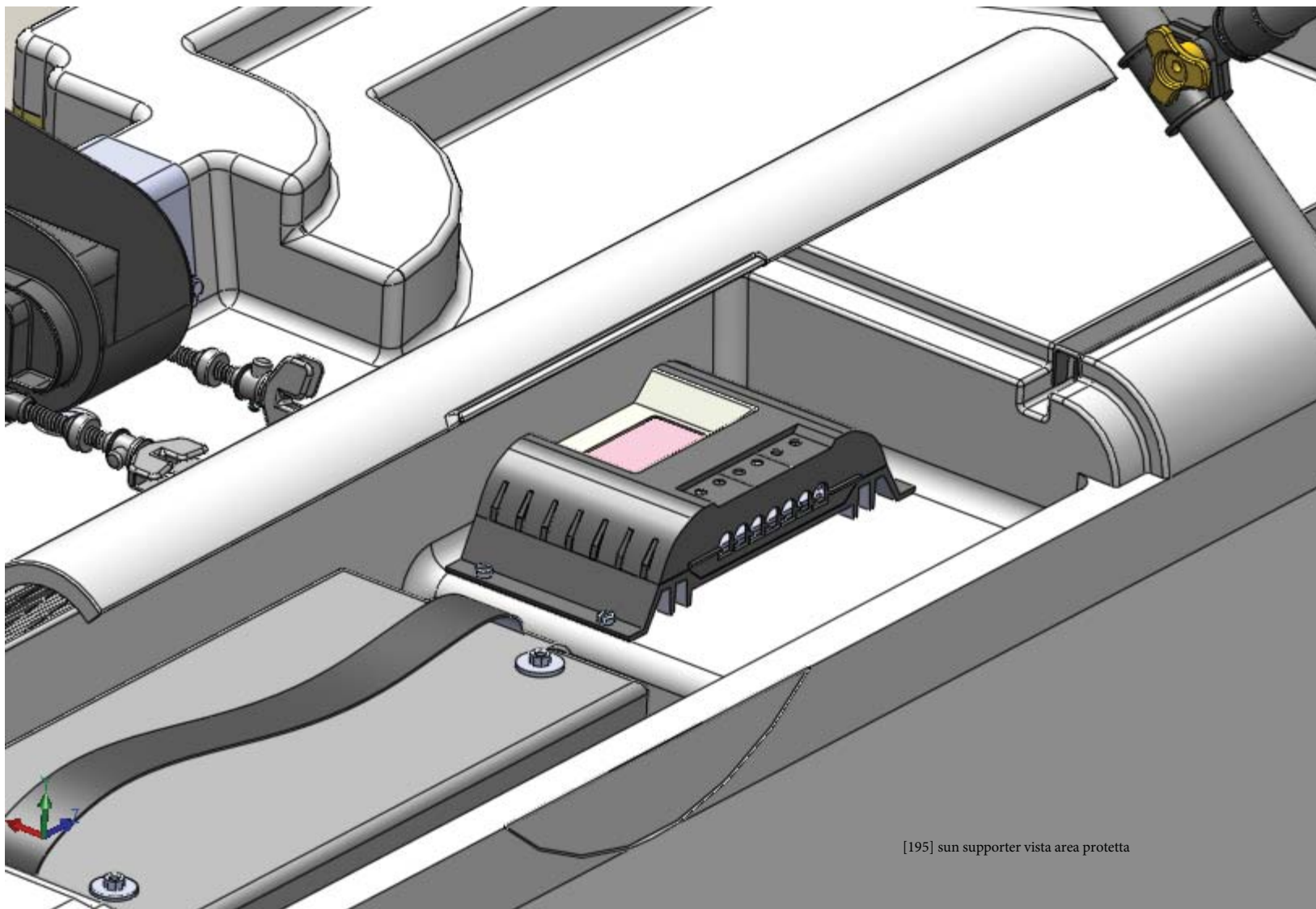
### 9.1.11 Fissaggio blocco tenda sul telaio



### 9.1.12 Sistema Energia elettrica derivante dai moduli



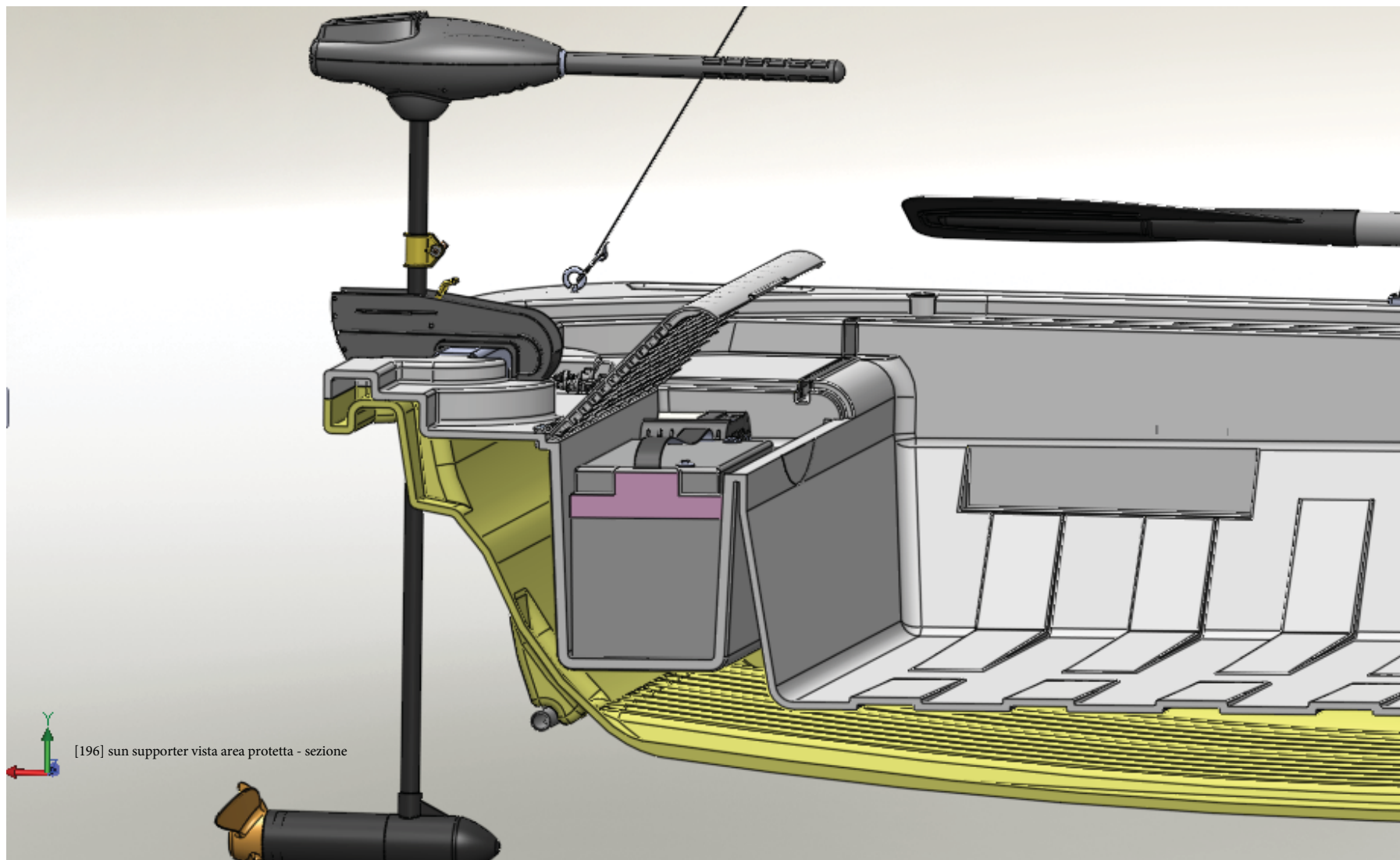
### 9.1.13 Inverter



[195] sun supporter vista area protetta

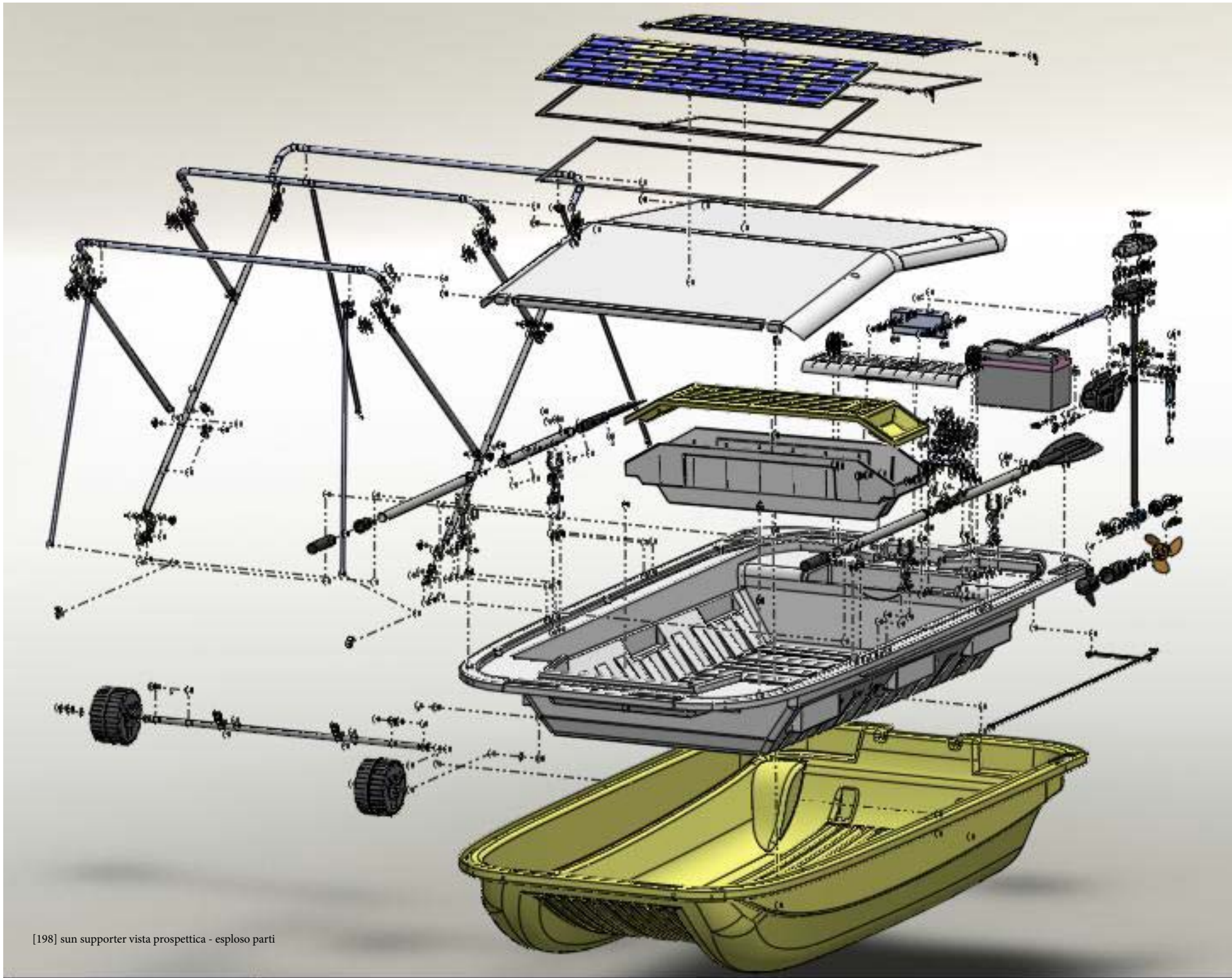


### 9.1.14 Batteria



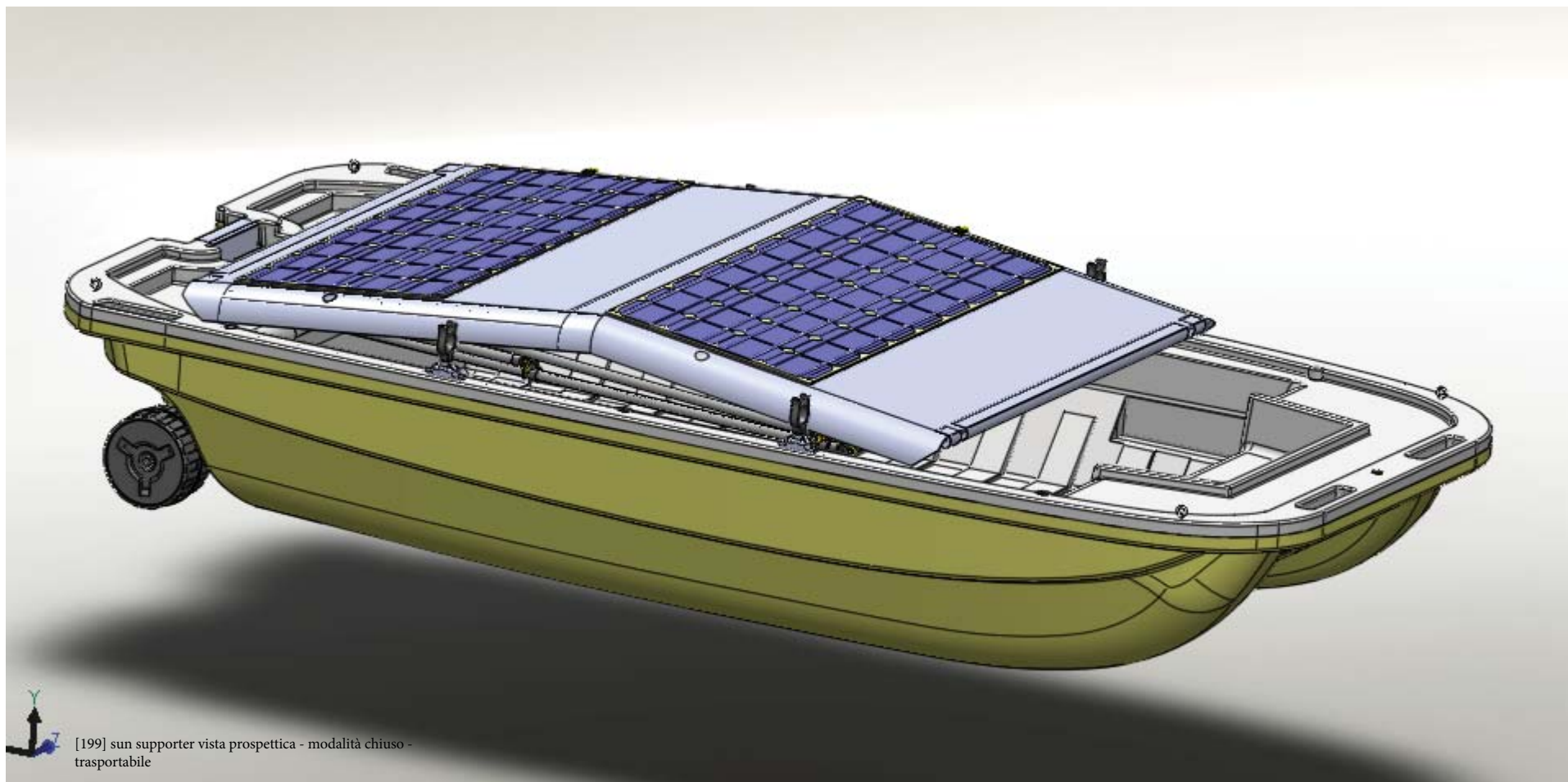
### 9.1.15 Assemblaggio finale





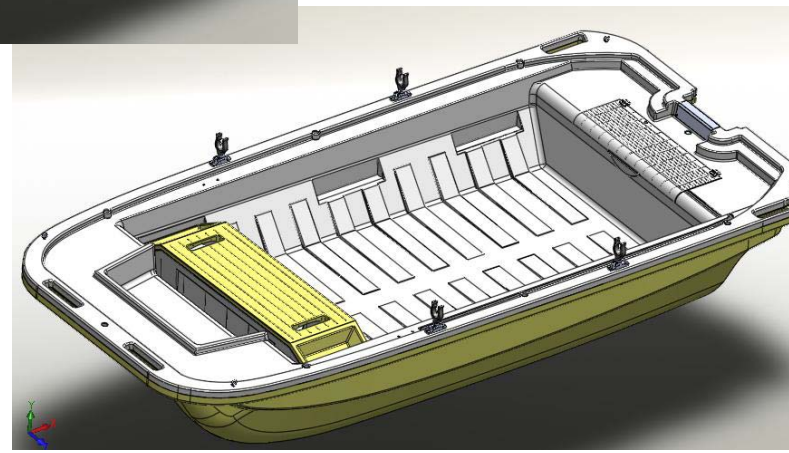
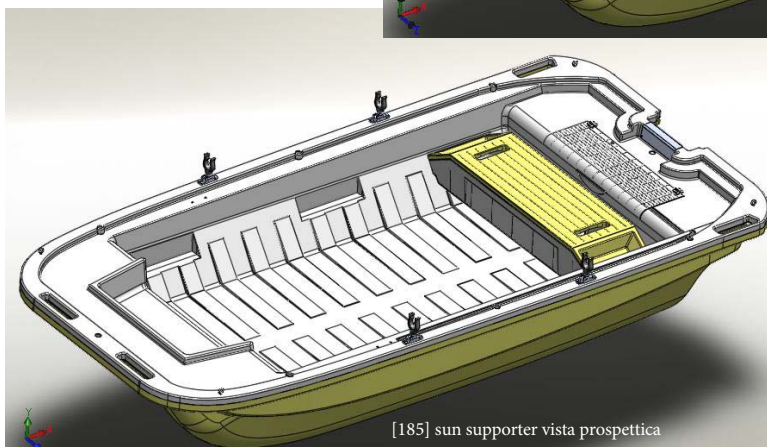
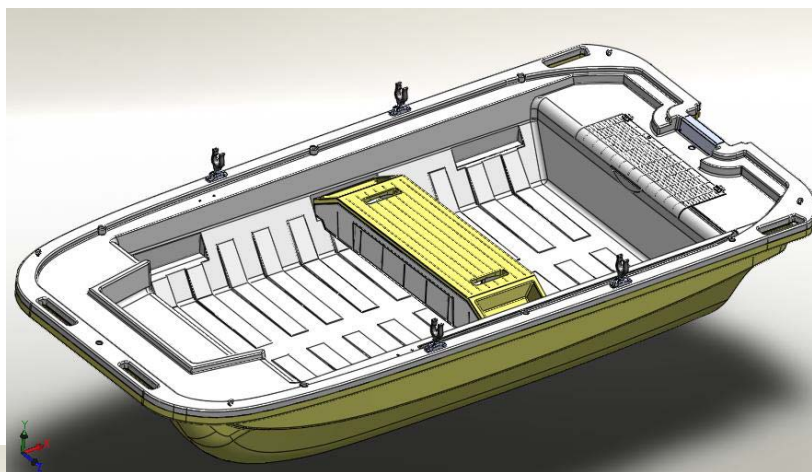
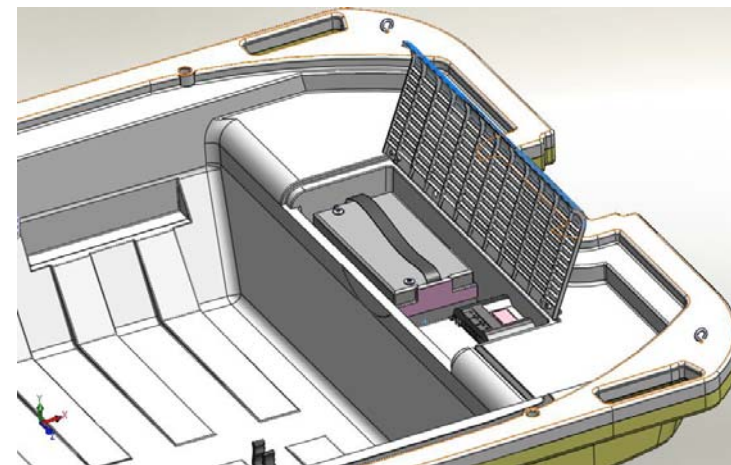
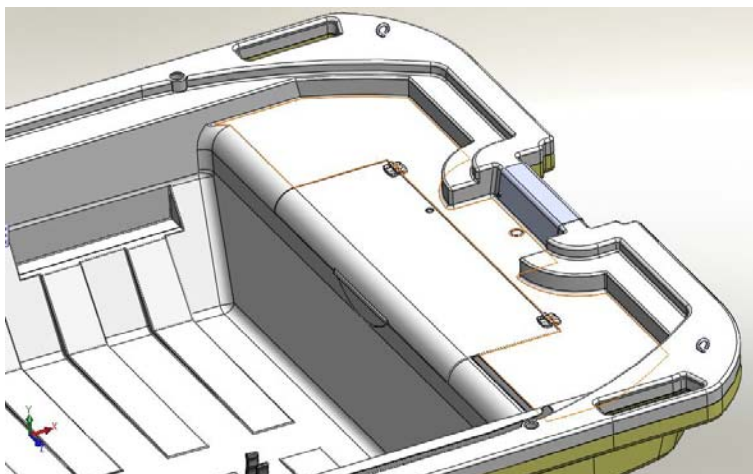
[198] sun supporter vista prospettica - esploso parti

### 9.1.16 Posizioni di trasporto e d'immagazzinamento

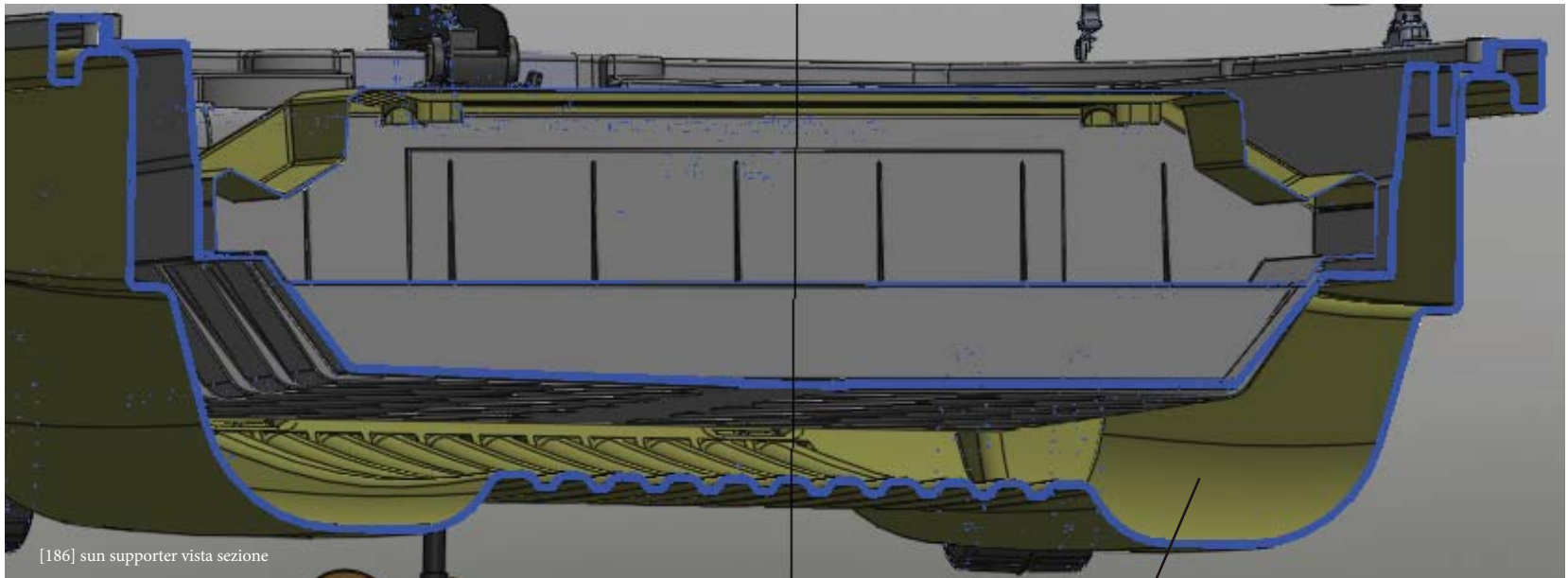


## 9.1 Sviluppo progettuale

### 9.1.2. Posizionamento delle parti e distribuzione pesi

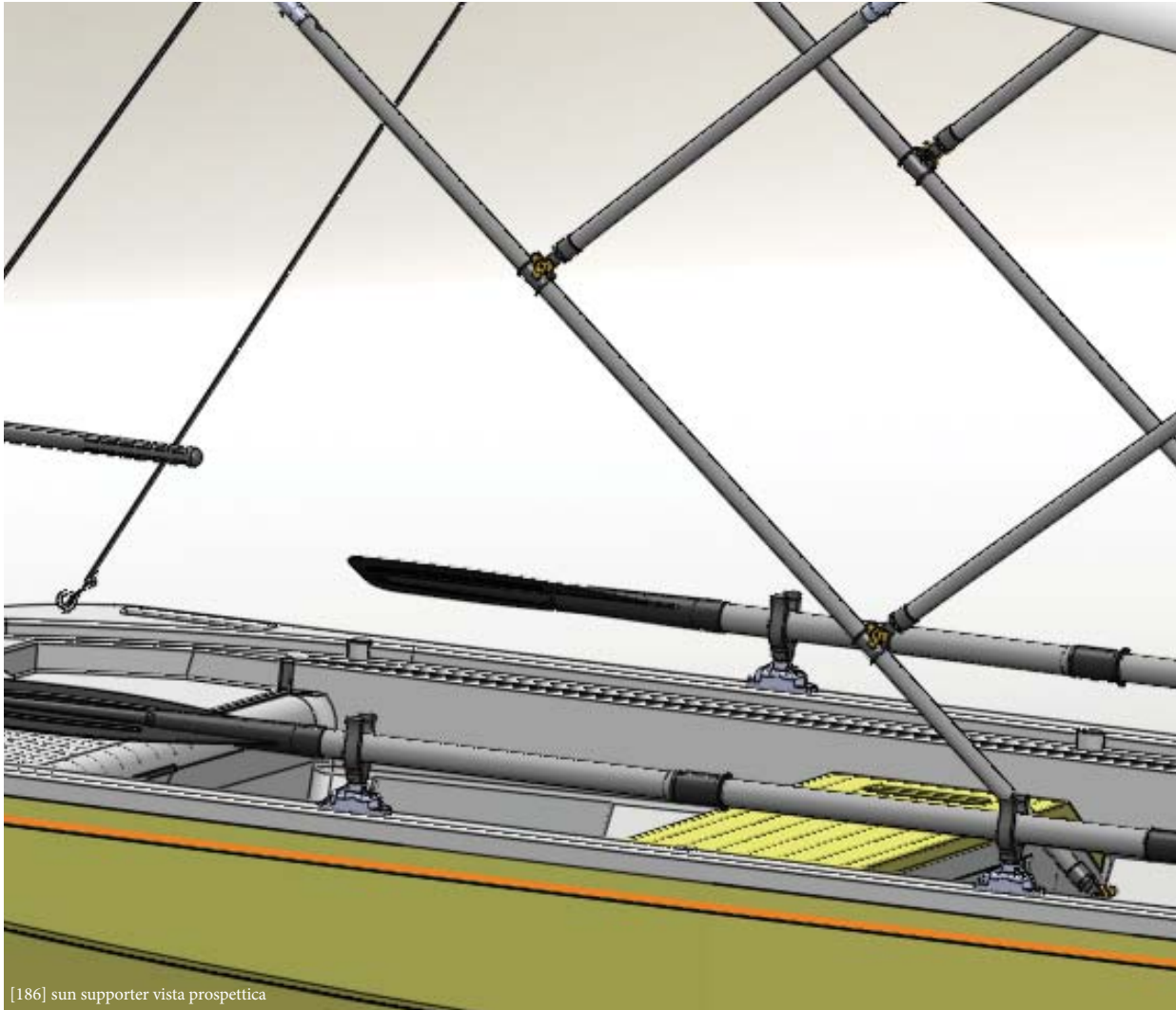


### 9.1.3 Scafo a sandwich a 3 livelli con espanso marino



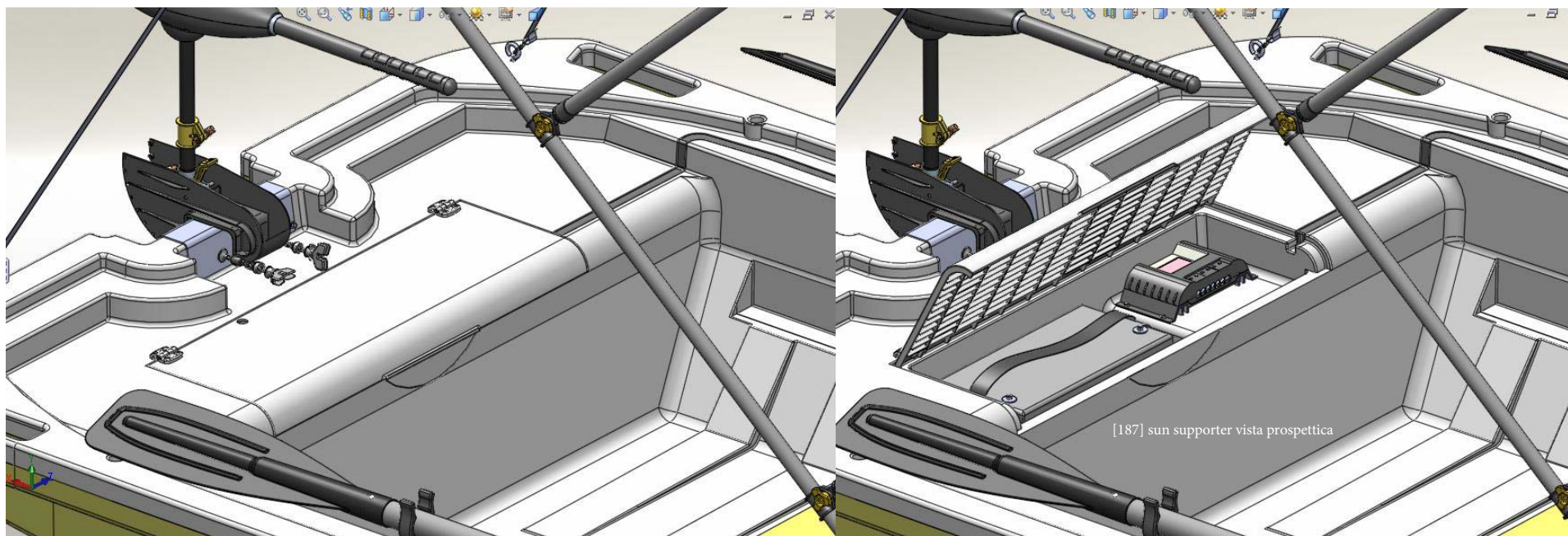
SCHIUMA PUR ESPANSO

#### 9.1.4 Posizionamento dotazioni di bordo



[186] sun supporter vista prospettica

### 9.1.5 Coperchio di area batteria-salvagente-accessori



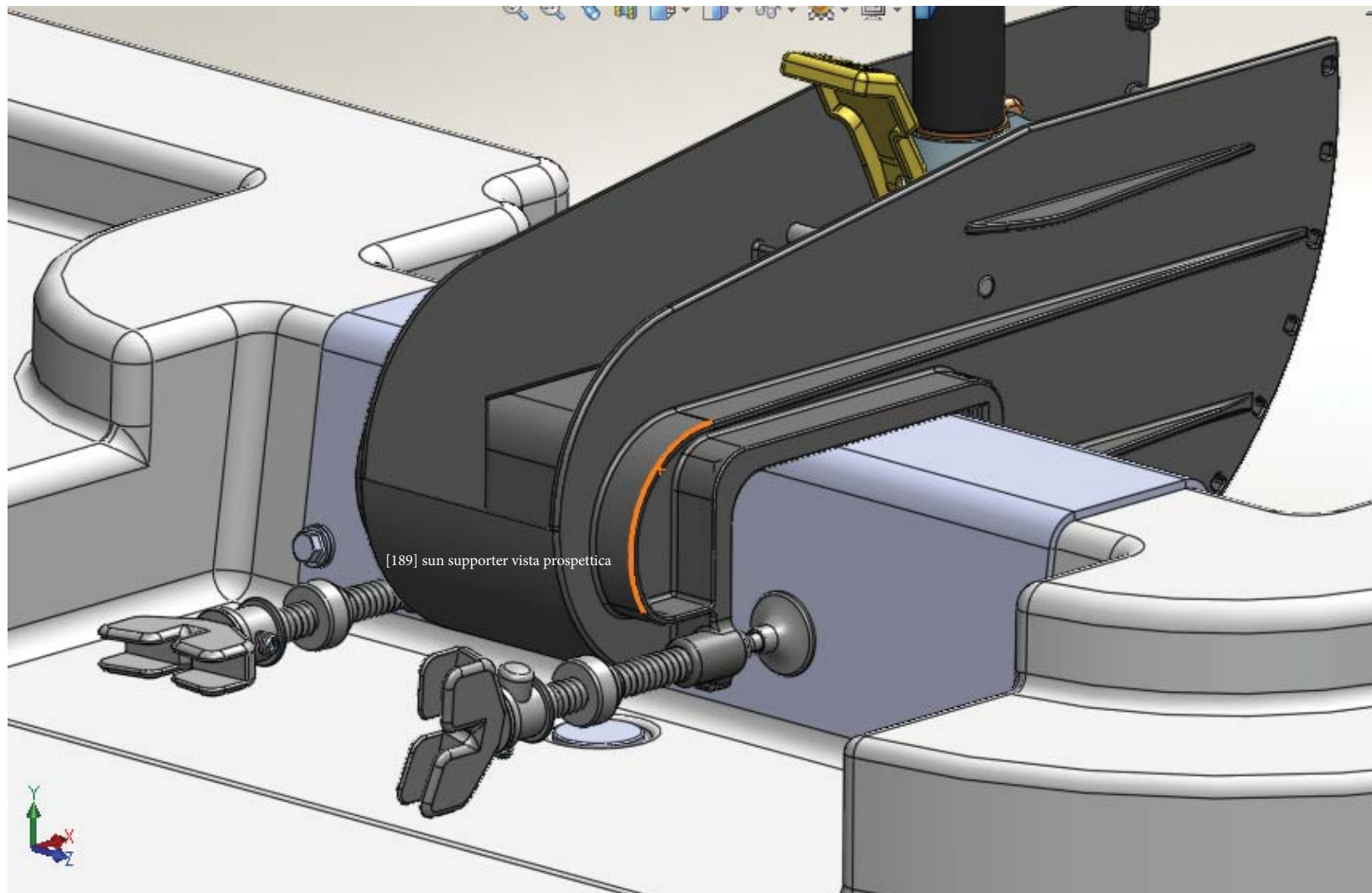


### 9.1.6 Sistema motore elettrico

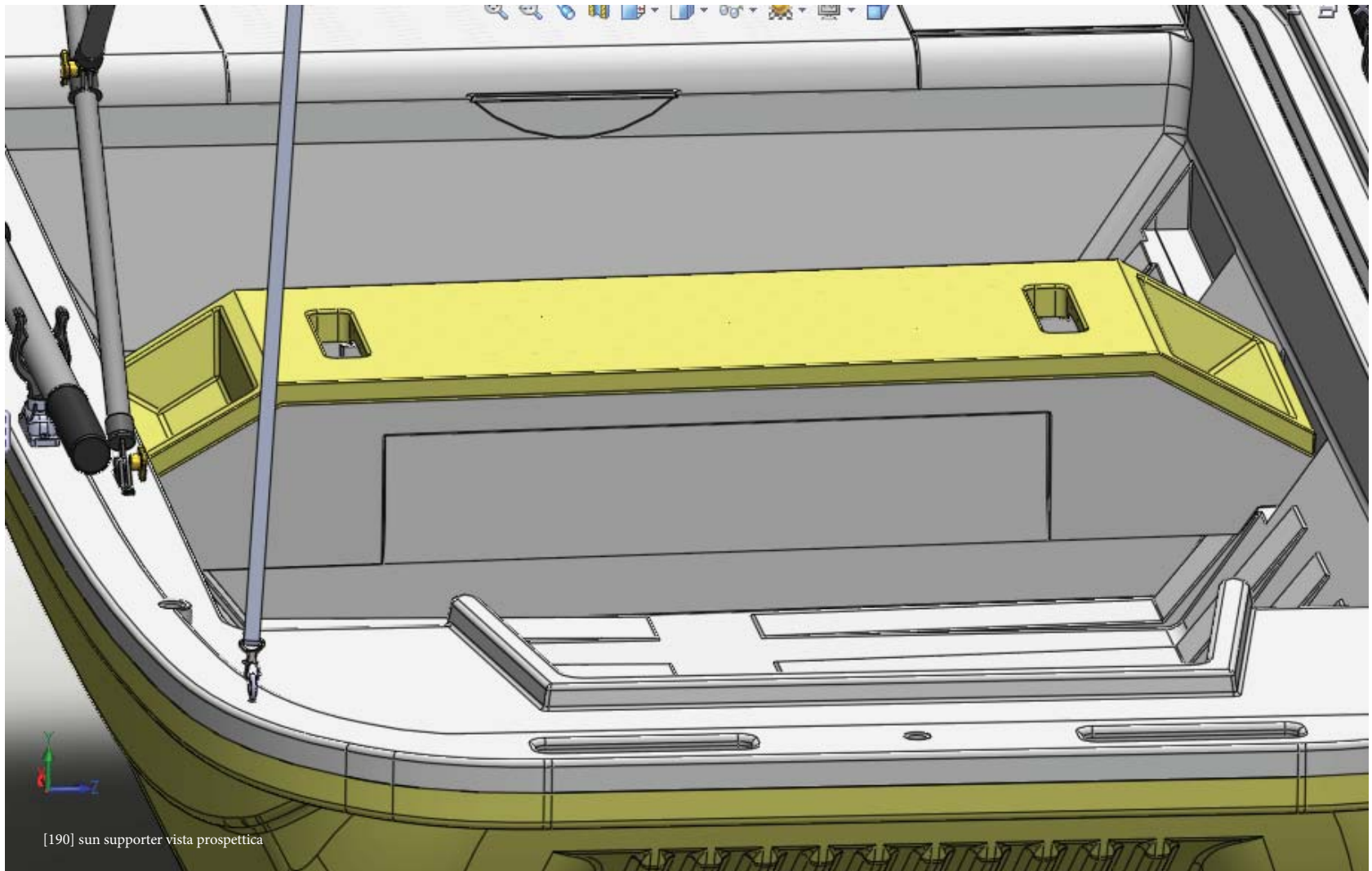


[188] sun supporter vista prospettica

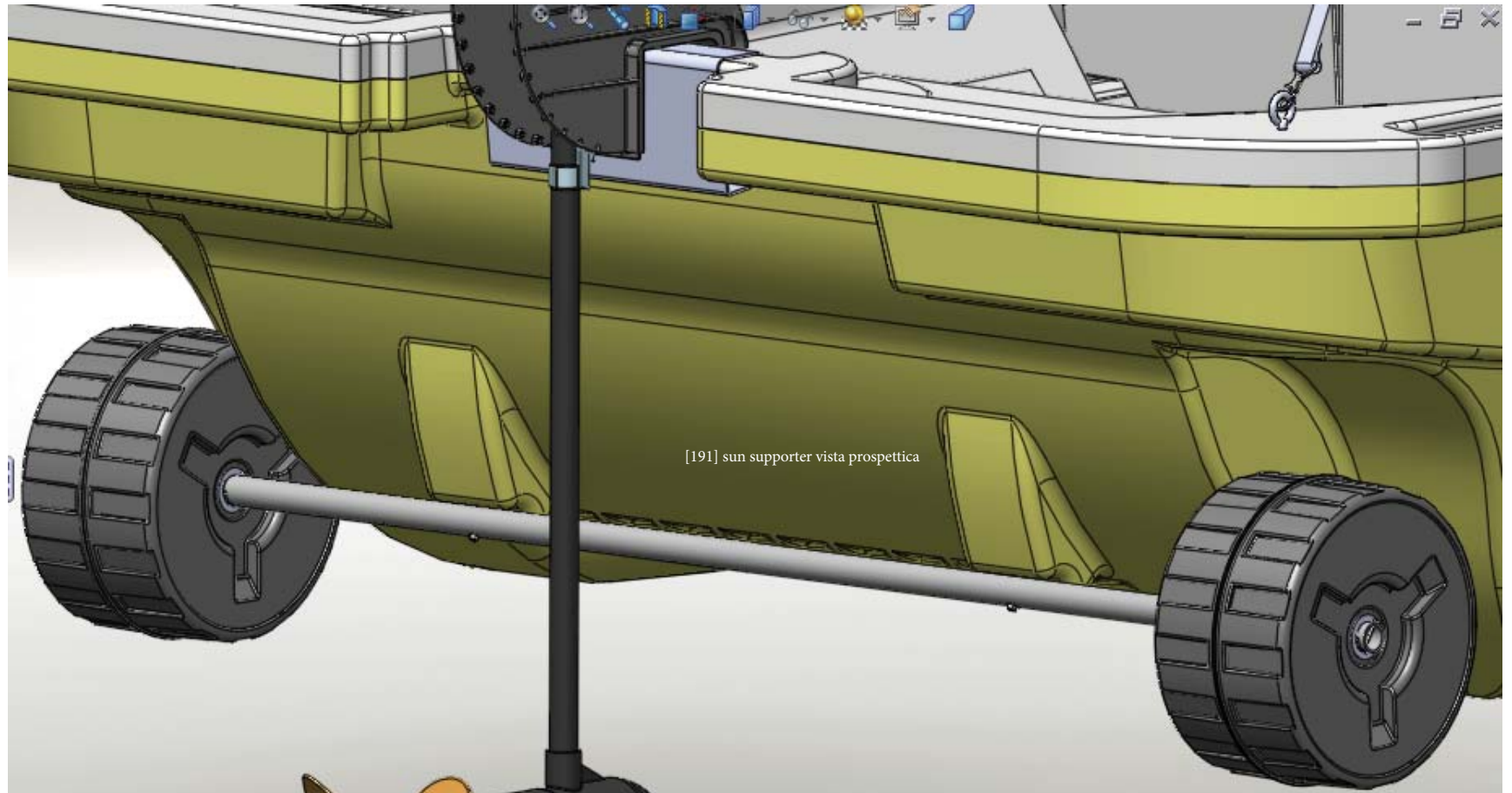
### 9.1.7 Supporto fissaggio motore



### 9.1.8 Blocco panca mobile



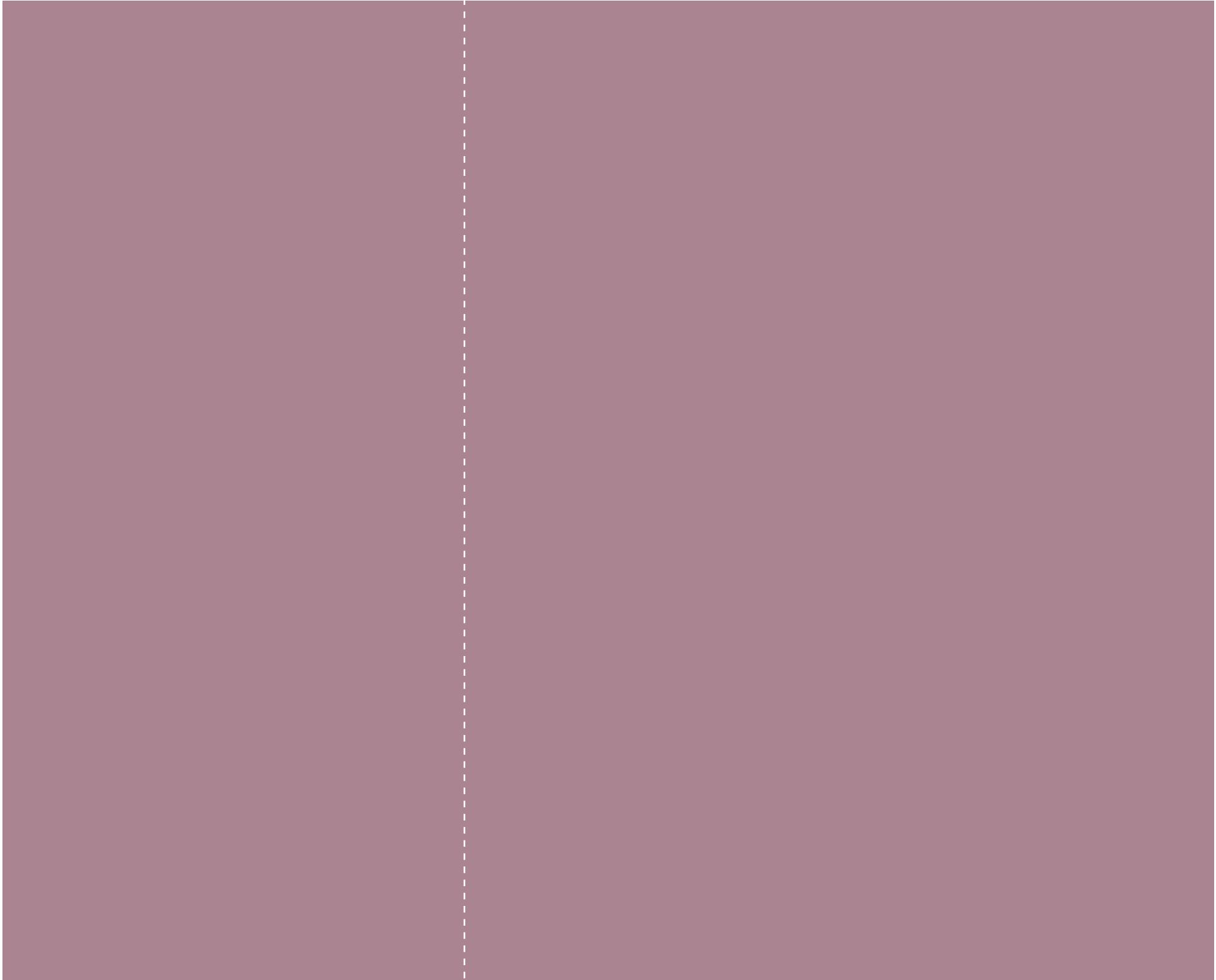
### 9.1.9 Sistema ruote integrate



**Missione Compiuta**

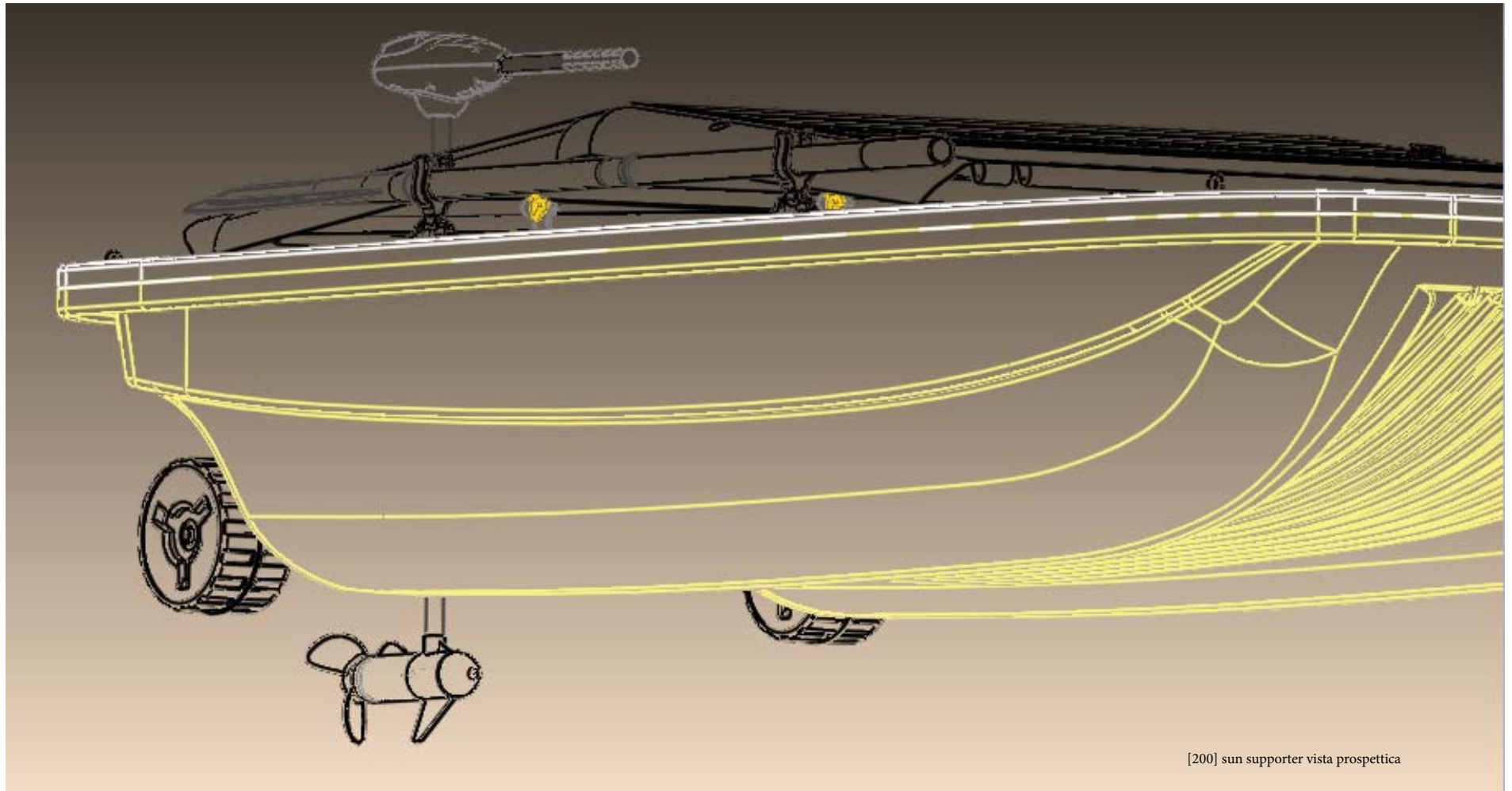
capitolo 10

**Conclusione**



## 10.1 Conclusione finale

Per concludere direi che il design complessivo dell'assemblaggio finale dell'imbarcazione risponde esattamente ai requisiti descritti in dettaglio in questo libro. Il prodotto finale sarà un'alternativa per l'utente che richiede un'imbarcazione di dimensioni ridotte, senza complicazioni di navigazione, a basso costo finale e di vasta disponibilità sul mercato.



## Bibliografia

Il nuovo fotovoltaico Mario Pagliaro, Giovanni Palmisano, Rosaria Ciriminna Dario Flaccovio Editore  
Elettricità dal Sole Sergio Rota Sandit Ottobre 2005  
Facili Esperimenti Fotovoltaici Lucio Sciamanna Sandit  
Il Fotovoltaico in Architettura Niccolò Aste Sistemi Editoriali  
Impianti Solari Termici Riccardo Battisti, Annalisa Corrado, Andrea Micangeli Franco Muzzio Editore Settembre 2005  
Schermature Fotovoltaiche Lucia Ceccherini Nelli Alinea Editrice  
Tecnologie Solari e Architettura Autori Vari Edicom Edizioni Gennaio 2002  
Schermature Fotovoltaiche Lucia Ceccherini Nelli Alinea Editrice Ottobre 2007

## Stiografia

[http://www.passionenautica.it/forum\\_tutorial/ale/ale.html](http://www.passionenautica.it/forum_tutorial/ale/ale.html)  
<http://francesco.venier.forumcommunity.net/?t=27534582>  
<http://www.allinflatables.com/shopping/boats/index.html>  
<http://www.allinflatables.com/shopping/boats/aquastar/tech.html>  
<http://www.biotonique.it/>  
[http://www.vastospa.it/html/la\\_citt%E0/ind\\_com\\_everlight.htm](http://www.vastospa.it/html/la_citt%E0/ind_com_everlight.htm)  
<http://www.perseffer.com/gadget/urban-skiff-il-gadget-gommone-vela/>  
<http://www.coolgreengadgets.com/page/3/>  
<http://www.freshairtimes.eu/tag/energy-saving/>  
<http://www.giirayachts.com/2008/03/solar-power-eco-friendly-sail.html>  
<http://www.techchee.com/2009/05/26/solar-powered-6-in-1-robot-kit/>  
<http://www.nauticmarket.com/news/8/411/ZODIAC-MEDLINE-Z-O--->  
<http://www.magazzinirossi.it/nautica/zodiac-semirigidi.php>  
<http://www.asisboats.com/francais/ribs.htm>  
<http://image.made-in-china.com/4f0j00SMFtHUWauTuf/Rigid-Inflatable-Boat-HYP420-.jpg>  
<http://www.slboatsales.com/services.html>  
<http://www.siroccomarine.com/Inflatables/rib.html>  
<http://rigidhullinflatableboats.com/>  
<http://www.cn-inflatables.com/products/boat/manual.htm>  
<http://www.swvisual.com/carricle.htm>  
<http://www.navtec.com/boats.html>  
<http://www.polyworx.com/pwx/vbb/>  
<http://ecogreenmaldives.blogspot.com/>  
<http://www.progettazionenautica.com/>  
<http://www.nautiraid.com/nautiraid-boats-folding-tenders-gb.html>  
<http://www.porta-bote.com.au/Reviews/tackle.htm>  
<http://www.ontarioportableboats.com/catalog/item/4263251/4196321.htm>  
<http://www.en-derin.com/artworks/15-creatively-offbeat-canoes-kayaks-boats>  
<http://www.tucktech.de/index.php?language=en&osCsid=aede2ab914ea3a42ede0100ed9a14405>  
[http://www.blindfishingboat.com/?page\\_id=7](http://www.blindfishingboat.com/?page_id=7)  
[http://www.gpseasyboat.com/prodotto2\\_ita.htm](http://www.gpseasyboat.com/prodotto2_ita.htm)  
[http://www.abinflatables.com/why\\_frame.htm](http://www.abinflatables.com/why_frame.htm)  
<http://digilander.libero.it/oldribs/storia/radhial.htm>